TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA

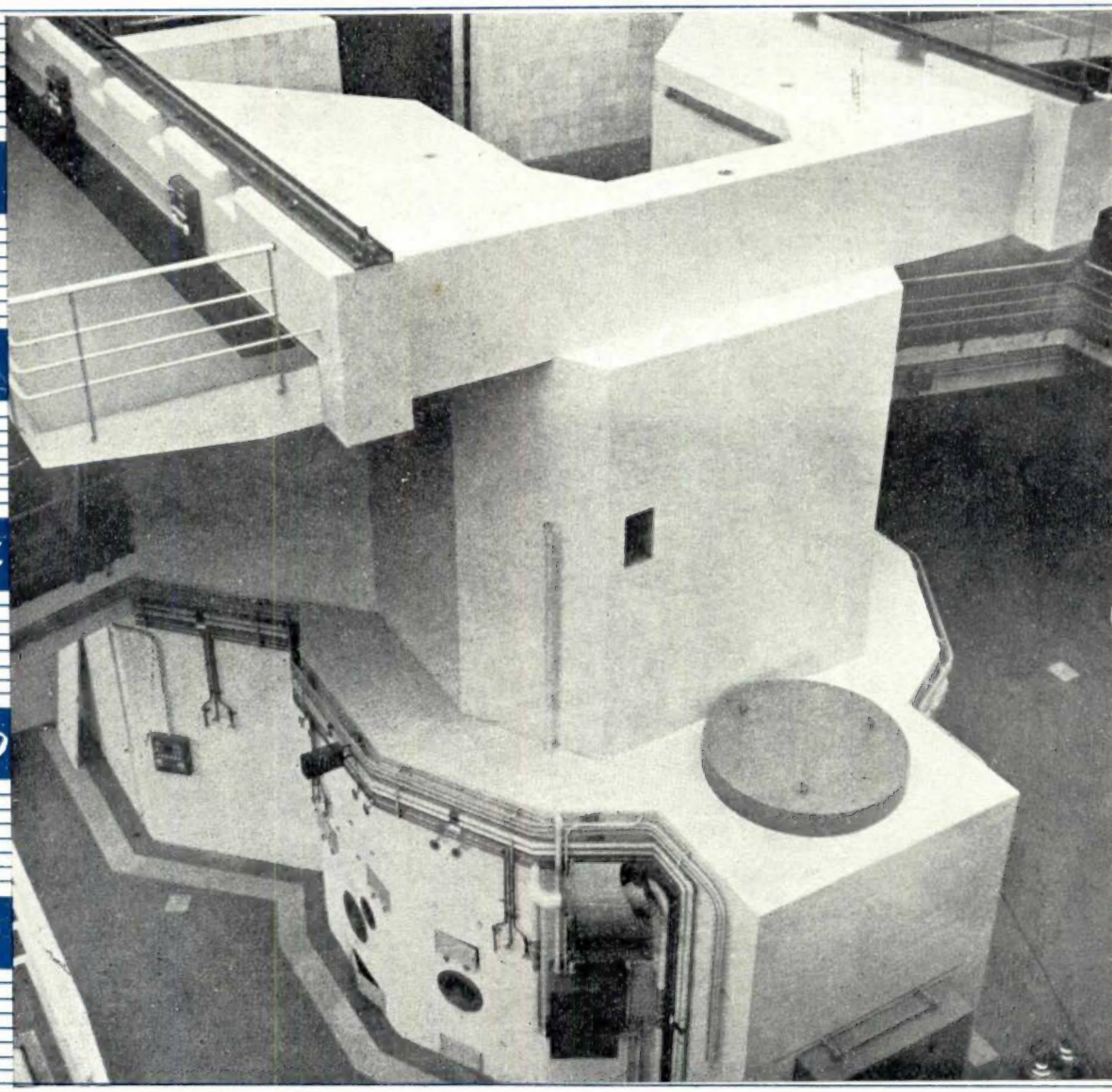
conomia

ecnologia

ociologia

nvestigação

edagogia



MARÇO 1961

310

Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão – Setúbal

Telef. 028824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 28201/2/3

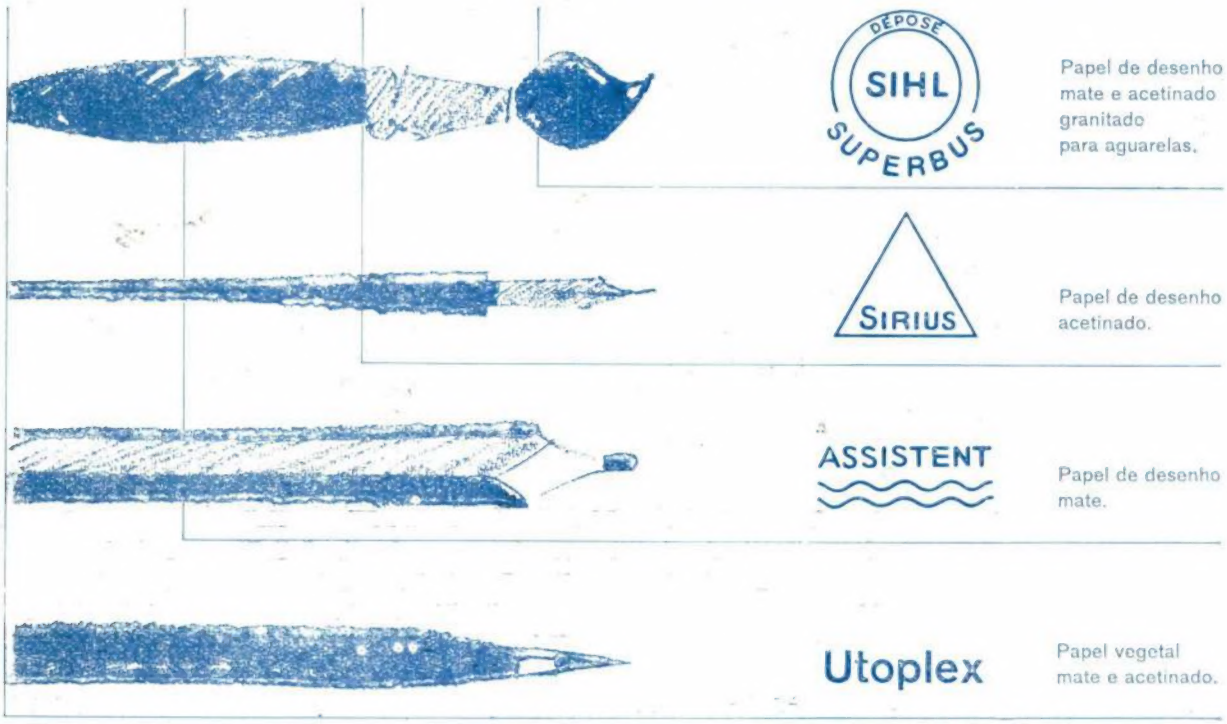
ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 683649
PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 – TEL 21277

4 papeis suiços de alta qualidade, para todas as necessidades técnicas



Exija expressamente Papel Sihl
Papeteries Zuricoises sur Sihl Zurich

Representantes em Portugal:
E. BRUNNER & CA., LDA., Rua de Aviz, 13, Porto
Distribuidores: DETÉCNICA
— Equipamentos Técnicos de Desenho, Ld.ª
Av. de Berna, 46-1.º D Telef. 765321

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXIV - N.º 310 Março de 1961

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR
JORGE GONÇALVES CALADO

ADMINISTRADOR
MIGUEL FALCÃO

SECRETÁRIO
ANTÓNIO ALVES MACEDO

REDACTORES
JOSÉ FERNANDO PINHARANDA
CARLOS PENA
RAMIRO CONFRARIA
JOSÉ ALBERTO FERNANDES

*

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	60$00	110$00

*

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

*

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.da
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Reactor nuclear do tipo Swimming-pool de 1000 kW; fluxo neutrónico médio da ordem de 6×10^{12} neutrões/cm².s; massa crítica a 1000 kW, aproximadamente 4 kg de U-235; Volume aproximado da piscina: 430 m³. — Laboratório de Física e Engenharia Nucleares — Sacavém.

Págs.

Comemorações do Cinquentenário do Instituto Superior Técnico 315

Circuito normalizado dum sistema comandado
Pelo Eng.º António Gouvêa Portela 329

Estudo dum gerador electrónico da sub-harmónica f/2
Pelo Eng.º João F. Borges da Silva 335

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** 364

Cálculo de arcos simétricos com três articulações
Pelo Eng.º J. S. Brasão Farinha 365

Eliminação da interferência do alumínio na dosagem do fluor nas águas
Por Carlos Pulido e Maria Cristina Moreira de Almeida . . 379

Reacções químicas sucessivas, de segunda ordem
Por A. J. Garras da Silva Pinto 383

Biblioteca 391

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

Pág.

A

Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª XXXI
A. Johnson & Co (Portugal), Ltd. . . XXXVI
Ahlers Lindley, Lda. XLII
Azevedo & Pessi, Ltd. XXXII

C

C. Deilmann XXVIII
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . X
Companhia Industrial de Madeiras Africanas XXVI
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos XIII
Companhia União Fabril. XVI
Construções Técnicas, Ltd.ª XXX
Crane XVIII
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VI e XII
Cruz & Cruz, Lda. XXVI

E

EFAACEC XXIV
Electro-Arco, Ltd.ª . . . . . 2.ª da capa
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª XXIX
Empresa Electro Cerâmica IV
Empresa de Cimentos de Leiria . . XLI
Empresa Nacional de Aparelhagem Eléctrica XXII
Empresa de Produtos Asfálticos. . . VII
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos XI
English Electric VIII
Eng.º Augusto Cavaco V
Estabelecimentos Herold XL

F

Fábrica Portugal II
Fanafel XX

H

Harker Sumner & C.ª, Ltd. XLI
Henriques & Castro, Ltd.ª X

Pág.

H

Henry M. F. Haterley, Lda XXXII
Hydrel XXXII

J

Jayme da Costa, Lda XXIII

K

Kellogg International Corporation XXXIV

M

Martin Leslie & C.ª Lda. XX
Mobil Oil Portuguesa . . . . . 4.ª da capa
Monteiro Gomes, Ltd.ª XXXIX

P

Papelaria Fernandes XXVII
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

S

S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XV
Soabal, Ltd. XIV
S. Com. de Isolamentos de Cortiça XXXIII
Siemens XXXV
Soc. Comercial Romar, Lda. XVII e XIX
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade Ericson de Portugal . . . XXXVII
Sociedade Portuguesa Cavan IV
Sociedade Técnica Artes Gráficas . XXXVIII
Société Louis de Roll V
Sondagens Rádio, Ltd.ª V
Standard Eléctrica IX

T

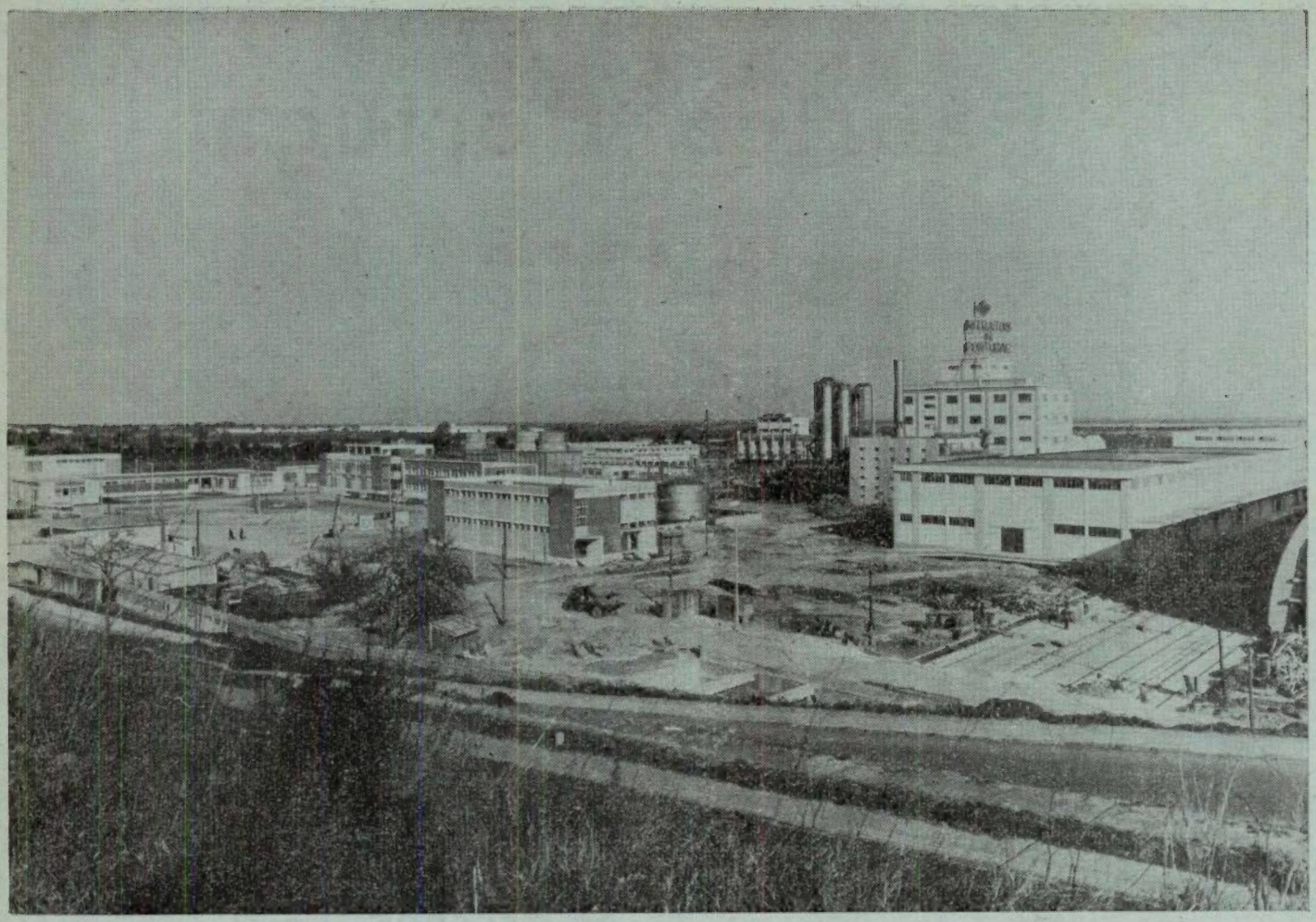
Tudor XXI

V

Vasco Pessoa, Lda. XXVIII
Vitrofib XXXVII

W

Wild Portugal, Lda. XXV



NITRATOS DE PORTUGAL

(Alverca)

Assente sobre 1.453 Estacas Franki

FUNDAÇÕES FRANKI

Sociedade Construtora Portuguesa, L.da

Praça do Areeiro, n.º 9, 4.º Esq. — Lisboa Tel. 72 60 61 e 72 99 11

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

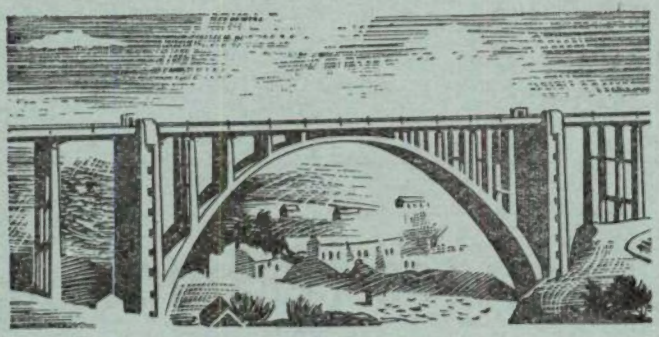
CLINICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

QUASE 40 ANOS AO SERVIÇO DA ENGENHARIA PORTUGUESA



GRANDE SORTIDO DE INSTRUMENTOS DE PRECISÃO, CIENTÍFICOS E INDUSTRIAIS

RUA DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75
LISBOA
TELEF.: 2 43 14 — 2 42 48 ✦ TELEG.: TECNA

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A

TELEF. 47812-50129

LISBOA

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

Candal — Gaia

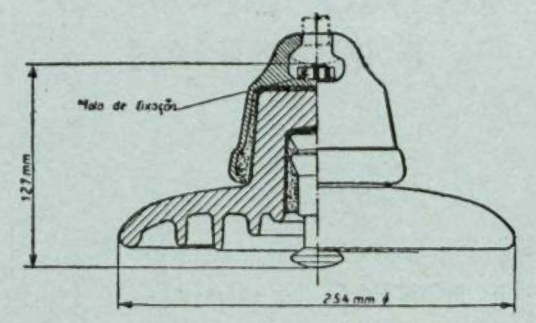
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado:
4,3 kg cada elemento



Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

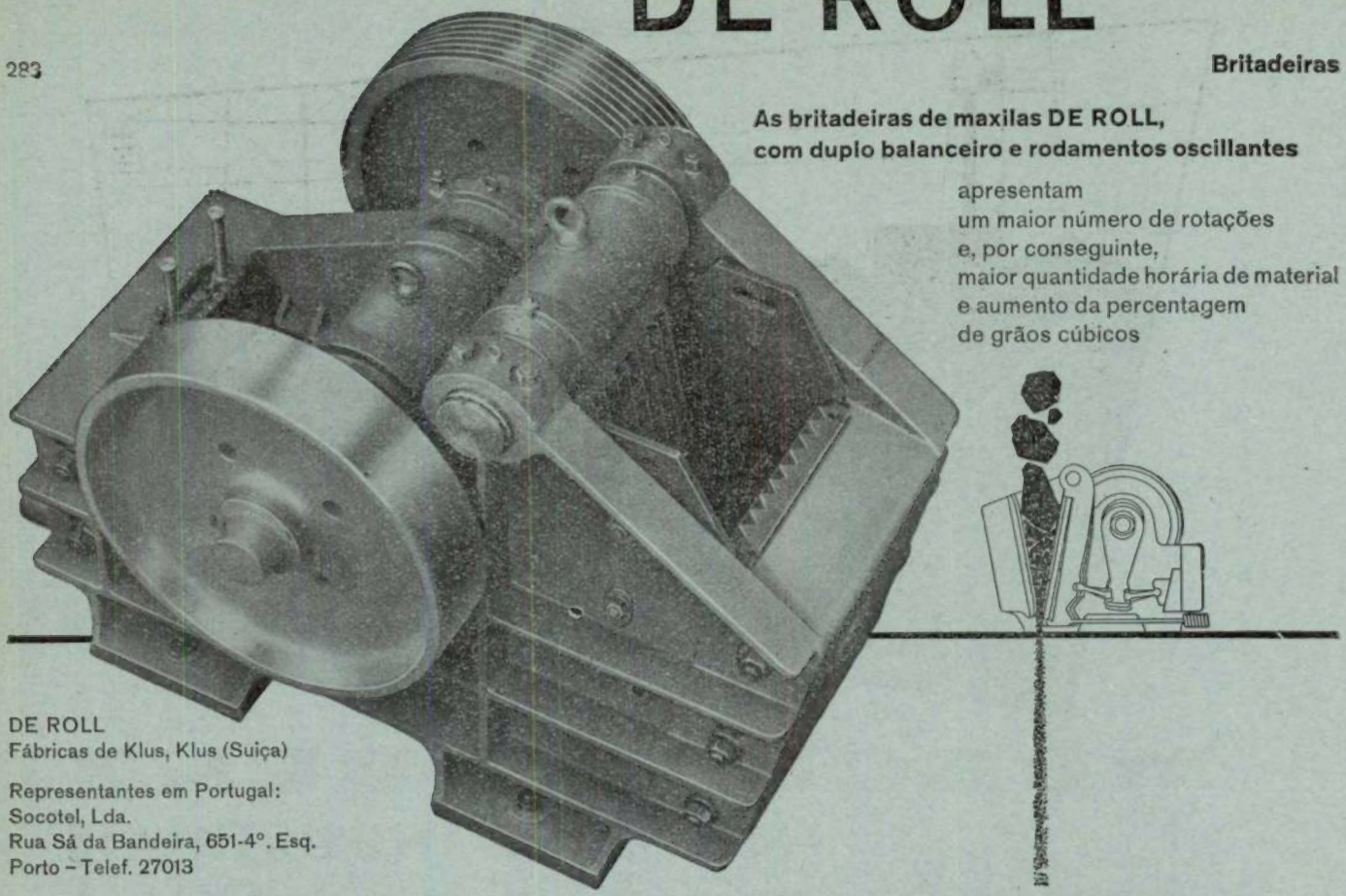
Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

DE ROLL

Britadeiras

As britadeiras de maxilas DE ROLL, com duplo balanceiro e rodamentos oscillantes

apresentam
um maior número de rotações
e, por conseguinte,
maior quantidade horária de material
e aumento da percentagem
de grãos cúbicos



DE ROLL
Fábricas de Klus, Klus (Suiça)

Representantes em Portugal:
Socotel, Lda.
Rua Sá da Bandeira, 651-4°. Esq.
Porto – Telef. 27013

AUGUSTO CAVACO
ENGENHEIRO

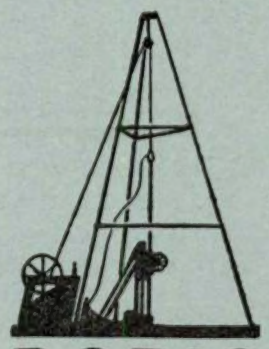
A.C.

SONDAGENS
FUNDAÇÕES
CAPTAÇÕES DE ÁGUA
REBAIXAMENTOS
DE NÍVEIS AQUÍFEROS

RUA RODRIGO DA FONSECA, 62- · LISBOA · TELEF. 53873

SONDAGENS RÓDIO, L.DA
LISBOA

RUA S. MAMEDE AO CALDAS, 22, 3.°
Telefones: 2 8685 - 2 6865 ✦ Telegramas: SETANSOL

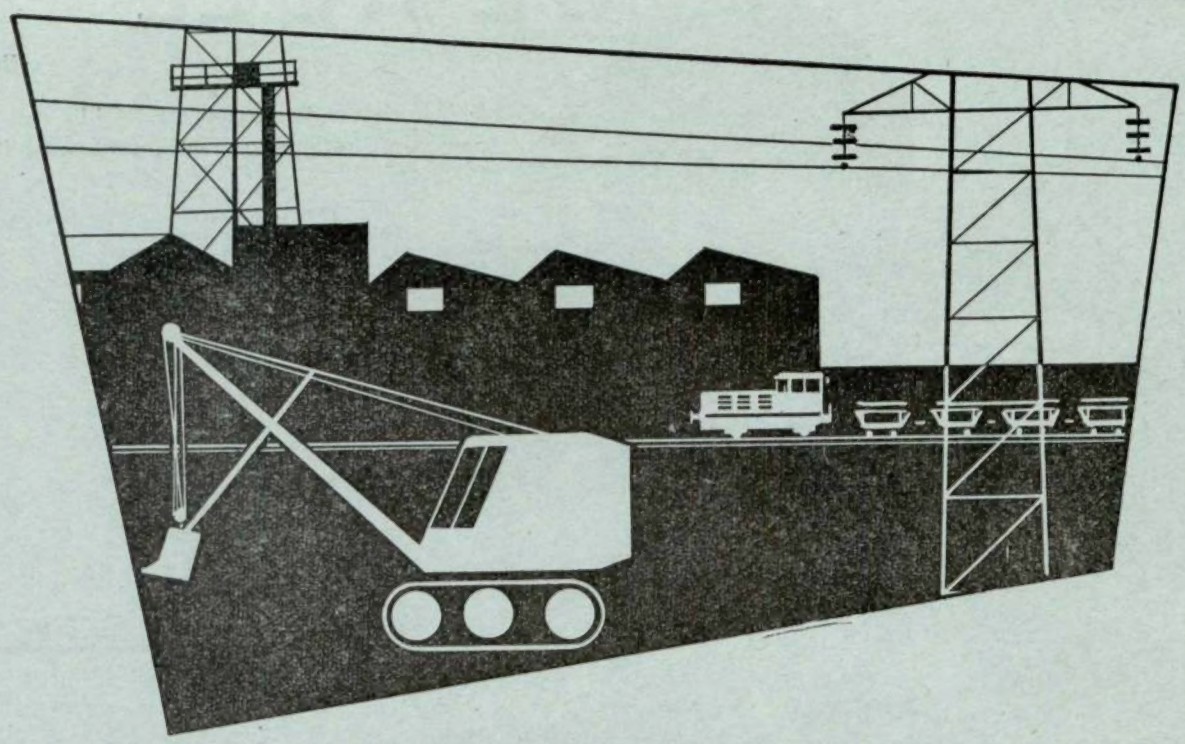


RODIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Engenheiro Chefe: **Walter Weyermann**



MERCEDES-BENZ

MOTORES INDUSTRIAIS DIESEL

MOTORES PARA TODAS AS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA GRANDE ROBUSTÊS. ECONOMIA
DE CONSUMO E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO
MODELOS DESDE 15 A 2.500 H. P.

EM ARMAZÉM:

MODELO M B 841 B	25 H. P. — 1.000 R. P. M.
MODELO M 202 B	55 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 203 B	90 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 204 B	120 H. P. — 1.200 R. P. M.

OUTROS MODELOS PARA ENTREGA MUITO RÁPIDA

MOTORES A 4 TEMPOS · ARREFECIMENTO POR ÁGUA
ARRANQUE A AR COMPRIMIDO OU ELÉCTRICO

REPRESENTANTES C. SANTOS LDA. — DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA

29, AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA
160, R. DE S.TA CATARINA, 168 — PORTO

Celulite

ISOLAMENTO
TÉRMICO DAS
CONSTRUÇÕES

PAVIMENTOS
*
TECTOS
*
PAREDES
*
CÂMARAS
FRIGORÍFICAS
*
ISOLAMENTOS
INDUSTRIAIS

Terraços e pavimentos isolados com CELULITE no edifício da Comp.ª de Seguros Fidelidade — P. das Águas Livres — Lisboa

SETH, LDA. ✦ RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º ✦ TEL. 73 01 56 — LISBOA

Para impermeabilizar terraços,
paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE
TACOS DE MADEIRA

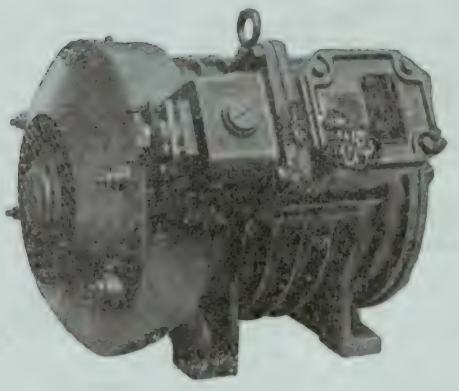
TELEF. 73 0156 TELEG. EPALDA — LISBOA

EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS
IMPERMEABILISADOR
IMEPA
RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º-LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

Motores eléctricos

para atmosferas corrosivas e explosivas



- *Indústrias químicas*
- *Indústrias petrolíferas*
- *Indústrias minerais*

Uma gama de motores para o industrial exigente

'ENGLISH ELECTRIC'

ENGLISH ELÉCTRICA DE PORTUGAL, LIMITADA

Rua Cascais, 47 (Alcântara) — LISBOA 3

Standard Electrica S.A.R.L.

Associada da

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION

DE NOVA YORK

TELECOMUNICAÇÕES

ELECTRÓNICA

AV. DA INDIA — LISBOA

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

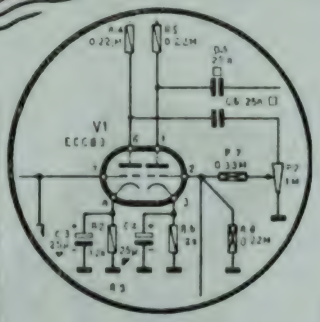
CIMENTO BRANCO LUSO

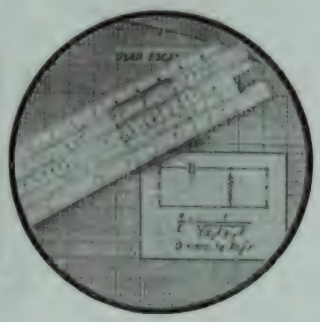
Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

EQUIPAMENTO DE AMPLIFICAÇÃO DE SOM

BEM CONCEBIDO BEM CALCULADO CONSTRUIDO





LESA

A grande marca italiana

Representantes em Portugal

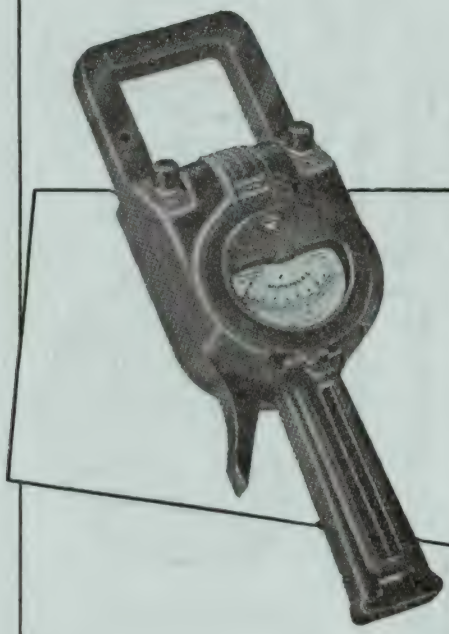
TELECTRA

EMPRESA TECNICA DE EQUIPAMENTOS ELECTRICOS, S. A. R. L.

Rua Rodrigo da Fonseca, 103, r/c
LISBOA — Tel. 68 60 72

Rua dos Clérigos, 64
Tel. 2 48 18 — PORTO

PINÇAS
FERRANTI



PINÇAS VOLT — AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 — 10 AMPS.	0 — 150 V
0 — 25 »	0 — 600 »
0 — 100 »	
0 — 250 »	
0 — 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

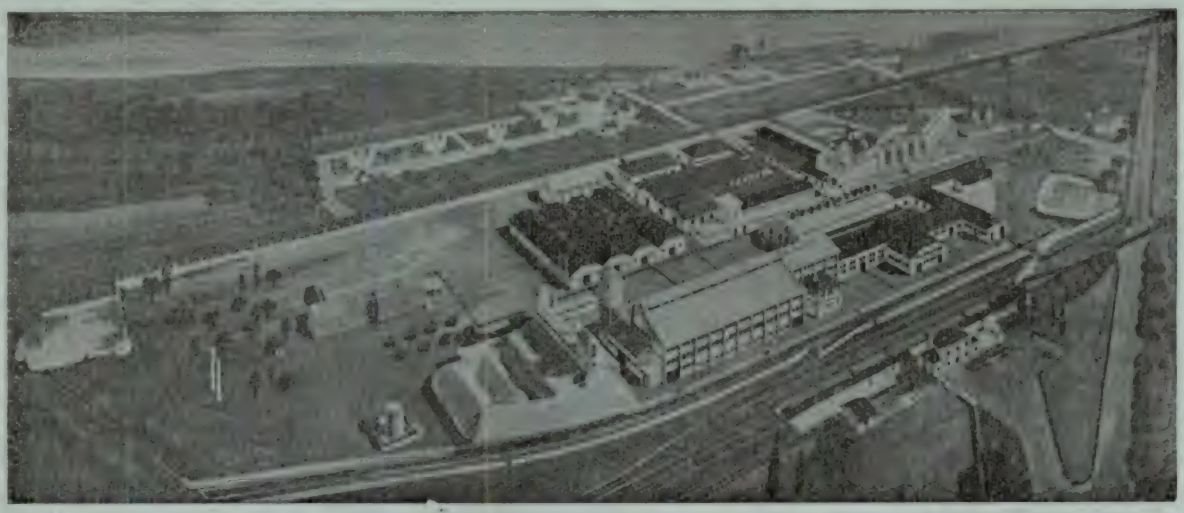
0 — 3 KW
0 — 6 »
0 — 12 »
0 — 30 »
0 — 60 »
0 — 120 »
0 — 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17 — LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168 — PORTO



COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

PRODUTORA DE

FERRO GUSA

FERRO LIGAS

FERRO-MANGANÊS

SÍLICO-MANGANÊS

FERRO-SILÍCIOS

15 % - 25 % - 45 % - 75 % - 90 %

CARBONETO DE CALCIO

CIANAMIDA CÁLCICA

PASTA PARA ELÉCTRODOS

E EM MONTAGEM

GRAFITE

FÁBRICAS
CANAS DE SENHORIM
Telefone 67222

SEDE
Largo de S. Carlos, 4-2.º — LISBOA
Telefones 25343-29608-368989

AÇO TOR

O AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA
PARA BETÃO ARMADO COM
MAIOR VENDA NO MUNDO

TENSÃO DE SEGURANÇA 2 400 Kg/cm²
SEM GANCHOS

Especifique
AÇO TOR
com o símbolo

SOABAL – SOCIEDADE DE AÇOS PARA BETÃO ARMADO, LDA.
RUA JOAQUIM BONIFÁCIO, 2, 1.º — TELEF. 4 05 66 — LISBOA

TÉCNICA

DIRECTOR: JORGE GONÇALVES CALADO
ADMINISTRADOR: MIGUEL FALCÃO
SECRETÁRIO: ANTÓNIO ALVES MACEDO

Ano XXXVI - N.º 310 Março de 1961

C. D. U. 378.962 (469.4) "1911/1961"

Comemorações do Cinquentenário do Instituto Superior Técnico

No dia 22 de Março de 1961, teve lugar no Salão Nobre do Instituto Superior Técnico, sob a presidência de Sua Ex.ª o Chefe do Estado, a Sessão Solene de inauguração das comemorações do Cinquentenário da Fundação do Instituto e da sua Associação dos Estudantes.

Essa sessão inaugural teve, para todos os que se interessam pelo Instituto, um significado simbólico, na medida em que marcou oficialmente o início de um certo número de manifestações, que vão documentar o nosso espírito de Escola *e a nossa preocupação de servir o País, com realismo e com eficiência.*

Nas palavras que então foram proferidas — e que se originaram independentemente nas quatro entidades que intervieram — verificou-se uma identidade completa de pontos de vista, sobre a nossa missão e sobre os nossos objectivos. E por isso, a Técnica *não quer deixar de registar em conjunto a definição de princípios que foi expressa, transcrevendo integralmente os discursos e a conferência que tiveram lugar.*

Discurso do Director do Instituto Superior Técnico

No ano de 1911, fundou-se o Instituto Superior Técnico. Era de admitir portanto que, em 1961, se celebrasse o I Cinquentenário da sua fundação.

E era de prever também que, nesse ano, alguém ocupasse o cargo de Director e que tivesse de proferir as palavras de abertura, na sessão inaugural.

Para isso, era indiferente que fosse bom ou mau Director ou que fosse ou não a pessoa com mais categoria para o fazer.

Calhou ser eu, e isso justifica a minha presença aqui.

Mas, para além destes factos meramente circunstanciais, não posso negar que seja para mim um motivo da maior satisfação ser eu o porta-voz do Instituto, para anunciar, nesta Sessão Solene, o início das comemorações, que a partir deste momento vão ter lugar.

Não o faço porém, numa atitude passiva de quem se limita a comunicar um acontecimento, mas sim num propósito de informar a Nação de que, ao cabo dos seus cinquenta anos de existência, o Instituto continua a pôr em jogo toda a sua vitalidade e todos os seus recursos, para a servir e para a engrandecer.

A presença de Sua Excelência o Chefe do Estado nesta sessão, permite-nos materializar este objectivo, por representar, para além da personalidade ilustre do Sr. Almirante Américo Tomás, um símbolo de personificação do País, a quem podemos entregar, como legítimo destinatário, a nossa mensagem de confiança e de boa vontade.

Confiança, no nosso esforço e na nossa personalidade; boa vontade, pela nossa dedicação e pelo nosso entusiasmo.

Todos nós, que trabalhamos nesta casa, sentimos um orgulho fundamentado nas responsabilidades que nos cabem na hora presente.

Sabemos perfeitamente que a conjuntura económica mundial vai procurar os seus gérmens de concorrência nas regiões ilimitadas do progresso técnico.

E sabemos também, que o progresso técnico só é possível, se fizer um apelo sistemático e contínuo às conquistas sempre renovadas do pensamento científico.

E mais sabemos, que a concorrência económica dos nossos dias não se compadece com atrazos ou com hesitações. E por isso, o factor tempo constitui, no processamento do progresso, um espectro permanente de ansiedade e de angústia.

É por estas razões, que a Engenharia moderna tem de estar estreitamente ligada com o conceito de Produtividade, afirmação esta que na sua singeleza e digamos mesmo, na sua quase universalidade, constitui o maior desafio da época presente, aos métodos clássicos do ensino, tais como foram aceites por vários séculos de gerações.

Com efeito, a noção de Produtividade que, no domínio dos escalões executivos, se pode considerar como uma simples geometria, no manuseamento dos elementos de organização, envolve, no campo científico ou técnico, o estímulo da capacidade criadora, o que arrasta consigo inevitàvelmente o profissionalismo de nível universitário.

Esta conclusão é evidente, porque se o trabalho de criação não estiver confiado aos universitários, que constituem a elite intelectual dos países, pode perguntar-se com muita legitimidade, onde é que esse trabalho deve então ser originado. E também é fora de dúvida que não são os diletantes com uma cultura superficial que têm envergadura para levar a efeito essa tarefa.

Nós vivemos num mundo tecnicista ávido de bons profissionais a todos os níveis, entendendo-se o tecnicismo no sentido em que o estudo profundo das diferentes actividades humanas, permite estabelecer as «técnicas» mais eficientes de actuação em cada caso. Há «técnicas» operatórias, há «técnicas» de prospecção de mercados, há «técnicas» de relações humanas. E essas técnicas conduzem necessàriamente a melhores resultados do que a simples habilidade ou intuição.

Infelizmente, muitas vezes a diferença entre as soluções dos profissionais e as dos amadores é quase imperceptível mas é a suficiente para se atravessar aquela fronteira que separa o sucesso do insucesso.

Os profissionais de nível universitário, como detentores das técnicas mais complexas sobre as quais se alicerça o progresso das Sociedades nos seus múltiplos aspectos, representam portanto os esteios de estabilidade e de sobrevivência e a garantia de continuidade do património inestimável, que as gerações passadas nos legaram.

A orientação do ensino universitário com vista à formação de profissionais de elite, não tem de diferir obrigatòriamente, na sua essência, de Escola para Escola, o que não significa que não seja necessário recorrer a métodos próprios em cada uma delas, em função dos objectivos finais a que tem de satisfazer.

O Instituto Superior Técnico, como escola de Engenharia, visa à formação de uma mentalidade quantitativa e experimental e, sobre estes dois polos estrutura em pormenor, a organização teòrico-prática dos seus cursos. E na concretização prática dessa organização, conta com o interesse e com a preparação dos diferentes escalões do seu corpo docente, apoiados sobre um Conselho Escolar com personalidade e com iniciativa, sempre atento à evolução das exigências dos organismos e das empresas.

Por outro lado, é também o «feedback» da vida industrial que permite a todo o instante aferir os nossos standards, modificar as nossas tendências e alterar os nossos métodos.

Não quer isto dizer que tenhamos a pretensão de estarmos a atingir resultados ideais, e até porque nem todas as empresas desejam o mesmo tipo de formação dos engenheiros que admitem ao seu serviço; mas temos pelo menos a consciência de que não consideramos o Instituto como tendo uma finalidade em si, e pelo contrário o tentamos orientar no sentido de uma adaptação tanto quanto possível completa às necessidades e às tendências de evolução do País.

Aliás, não considero mesmo que haja um grande mérito da nossa parte em proceder deste modo, visto que não fazemos mais do que nos integrarmos no conceito de estrutura funcional da Sociedade moderna, como condição indispensável de dinamismo e de progresso.

A haver algum mérito, será talvez no espírito com que o fazemos. Na realidade, é apenas com o objectivo de *servir* que procuramos de todo o modo, o contacto com as entidades exteriores e as queremos interessar no equacionamento dos nossos problemas, para os podermos resolver da melhor maneira, e desempenharmos assim a nossa missão, dentro de um objectivo exclusivo de interesse nacional.

Esta nossa filosofia de actuação não nos conduz, de modo nenhum, a uma situação que se possa dizer cómoda porque nos obriga permanentemente a reconhecer erros, a aceitar críticas e a progredir sempre. Mas dá-nos pelo menos, um sentimento de auto-confiança na nossa eficiência e na nossa utilidade, e a certeza de que temos uma directriz correctamente escolhida que está na base da formação que conferimos aos nossos diplomados.

Os tempos actuais não podem deixar de ser encarados com um realismo absoluto.

Todos nós falamos da «gravidade da hora presente». Mas é necessário acrescentar que esta expressão não é uma figura de retórica, que nos dá o direito de ficarmos tranquilos, apenas pelo simples facto de concordarmos com ela. Nem nos permite recorrer à técnica simplista do avestruz a esconder a cabeça debaixo da asa para não ver o caçador.

Não há ninguém neste momento que não tenha um conjunto de obrigações activas em relação ao esforço enorme que o País está a pedir a todos nós.

Obrigações mais ou menos directas ou de maior ou menor projecção, mas de qualquer modo, activas; todos temos de nos considerar como figurantes, porque ninguém tem o privilégio, em boa verdade, de se poder apresentar como simples espectador.

E talvez seja na procura insistente das nossas obrigações activas, discernindo na hierarquia dos problemas aqueles que afectam a Nação inteira, em contraposição com particularismos circunscritos ou mesmo inoportunos, que esteja a nossa maior possibilidade de intervenção, no objectivo comum que todos nos propomos atingir.

É nesse sentido que o Instituto Superior Técnico pretende orientar e consolidar a sua actuação. Tenta para isso, ser sincero e ser objectivo. Não se poupa a esforços quer na sua organização interna, quer no seu intercâmbio exterior. Obriga-se a manter um espírito moderno fàcilmente permeável às tendências do progresso. Procura desenvolver-se num clima estável e funcional de calma, de disciplina e de respeito mútuo.

Mas tudo isto são propósitos, são métodos e são atitudes. Não são resultados.

Quanto a estes não me quero pronunciar, porque não é nada do que eu possa dizer que vai alterar as virtudes ou os defeitos dos engenheiros a que a nossa Escola conferiu o título. Há para esse fim um juiz muito mais idóneo e muito mais conhecedor e que é a própria Nação. É a ela que cabem os elogios e os reparos à nossa maneira de actuar. Uns e outros são sempre benvindos; os primeiros como estímulo e como prémio e os segundos como gérmens de renovação e de aperfeiçoamento, num convite incessante à insatisfação e ao desejo de cumprir melhor.

Foi na presença das entidades mais representativas do ensino e da Engenharia que acabei de expôr, em síntese, a nossa posição em face da conjuntura nacional.

Raras vezes se terá uma oportunidade como esta para falar dentro de um ambiente em que possa ter eco a motivação dos nossos esforços e das nossas esperanças.

E por isso, a todos os que se dignaram aceitar o nosso convite para nos acompanharem nesta data que, para nós transcede o seu aspecto sentimental e transitório, dirigimos o nosso mais profundo agradecimento por terem vindo.

Discurso do Presidente da Associação dos Estudantes

Em primeiro lugar, como Presidente da Associação dos Estudantes do I. S. T., quero agradecer em nome dos actuais alunos desta Escola a presença neste acto solene de V. Excelência Senhor Presidente da República. Só assim o início das comemorações dos cinquentenários do I. S. T. e da A. E. I. S. T. fica assinalado como merece.

Agradeço ainda a presença de todas as altas individualidades que nos quiseram hoje honrar com a sua presença.

* * *

Consideram, pensadores das mais variadas tendências, tríplice a missão da Universidade:

— Preparação profissional

— Investigação científica

— Ensino cultural

Deixando de lado as duas primeiras que outros melhor poderão analisar vejamos a terceira:

A cultura geral, considerada indispensável para a formação integral dos que saindo das Escolas Superiores se destinam a dirigir a Nação nos diversos ramos da actividade necessários ao seu progresso espiritual e material, não pode apreender-se exclusivamente nos liceus.

Reconhece-se então necessário que a Escola Superior contenha em si os elementos suficientes para dar aos que por ela passam um suficiente grau de cultura geral.

As opiniões dividem-se quanto aos processos a utilizar fixando-se algumas na consideração que a melhor solução consiste em deixar entregue ao próprio Universitário a maneira de o conseguir, limitando-se a Escola a proporcionar-lhe os meios.

Pode dizer-se que desde a fundação esta ideia foi seguida no I. S. T.

E porque ao estudante isolado seria difícil senão impossível fazê-lo convenientemente, surgiu a necessidade da sua associação, da reunião de esforços cujo somatório redunde em benefício comum.

Paralelamente a esta necessidade, outras de grande relevância levaram os primeiros alunos do I. S. T. a fundar as bases duma Associação de Estudantes cujos primeiros estatutos foram aprovados em 11 de Dezembro de 1911.

Esboçar aqui a actuação deste orgão da Escola ao longo dos cinquenta anos da sua existência torna-se impossível por limitações de tempo e porque os principais resultados da sua acção não podem ser medidos rigorosamente, dada a sua natureza incomensurável. Eles reflectem-se na actuação dos cerca de 4.000 diplomados já saídos desta Escola, que duma ou doutra forma sentiram os efeitos da sua acção.

Desde a origem preocupa-se a Associação com o bem estar social, físico, pedagógico e cultural dos membros da Escola e estende, primeiro lentamente, depois em ritmo acelerado após a mudança de instalações em 1936, a sua actuação aos mais variados sectores:

Cria em 1915 os delegados de curso, elos de ligação entre o corpo docente e discente, no intuito de procurar a resolução de problemas pedagógicos (marcação de exames e de férias, etc.) e estreitar as relações entre professores e alunos.

Em 1917 lança a ideia duma Revista Técnica que só em Dezembro de 1925 se concretiza com a saída do seu primeiro número.

Em 1927 é criado o Grupo Desportivo, primeira Secção da Associação com administração diferenciada.

Em 1928 cria-se a Caixa de Empréstimos de Honra e subsídios de auxílio a estudantes necessitados.

Em 1936 cria-se um Departamento Aeronáutico, uma Cantina e uma Secção Cultural. Seguem-se-lhes a Fotográfica, a de impressão de policopiados, a de Propaganda e a de Papelaria.

A Cantina, inicialmente gerida por estranhos, nem sempre honestamente, passa a ser dirigida pelos próprios estudantes que embora inexperientes, gerem com êxito um organismo complexo que fornece milhares de refeições mensais.

Montam-se os serviços clínicos privativos, funda-se um Lar ensaio, estruturam-se novas secções que as necessidades da Vida Escolar obrigam a criar: Secção Pedagógica, Secção de Estágios, Secção de Antigos alunos, Departamento de Relações Exteriores.

* * *

O mundo mudou consideràvelmente nos últimos 50 anos e os problemas das sucessivas gerações, se bem que com algumas coordenadas gerais constantes, variam de ano para ano. Nuns são os problemas desportivos que predominam, noutros os culturais, noutros os pedagógicos ou os sociais.

Mas o impulso inicial de ideias foi de tal ordem, que através dos tempos os estudantes souberam estruturar as suas realizações e conquistas em benefício dos vindouros, deixando-os mais livres para progredirem sem cessar.

Dizem alguns observadores, que às questões dos estudantes têm dedicado a sua atenção, que o estudante do Técnico constitui entre os estudantes portugueses um caso «sui generis». É bem possível que isso tenha sempre acontecido devido ao espírito que presidiu à criação do Técnico, ao ambiente que todos os anos se recria.

Note-se, que se a escola foi revolucionária nas concepções de ensino quando da sua fundação isso não poderia deixar de reflectir-se nos próprios estudantes que correspondendo-lhe, procuraram destruir o conceito, nesse tempo existente e ainda hoje presente em alguns saudosistas, do estudante parasita da sociedade; do boémio e cábula, que obtido o diploma por qualquer processo, depois de uma juventude «bem gozada», como se dizia, procurava e exigia do Estado o lugar a que automàticamente supunha ter direito, só por ser Universitário.

O estudante do Técnico procurou destruir essa concepção e os acontecimentos sempre o encontraram pronto a defender com energia, ao lado dos seus Professores, as conquistas da Escola contra os ataques que lhe movia o exterior.

Obtendo desde o início larga autonomia na administração dos seus assuntos, cedo a responsabilização inerente fez sentir os seus benéficos efeitos.

Porque se o sistema de ensino introduzido no Técnico se reflecte hoje em todas as nossas Universidades, basta observar a juventude actual, os seus ideais e os seus métodos de acção, para concluir que o novo conceito de estudante nascido na Associação do Técnico teve reflexos profundos na acção das suas congéneres do país.

O estudante é hoje mais consciente, mais apto a enfrentar a dureza da vida, mais lúcido na procura da própria valorização e através dela na do País.

Esta parece-nos ser a maior conquista dos estudantes do Técnico, através dos cinquenta anos que decorreram desde a fundação, como Escola Superior, do I. S. T.

Aos que já nos deixaram trazemos aqui hoje a certeza de que a obra que ergueram não morreu ou sequer abrandou o seu ritmo de aperfeiçoamento e o nosso agradecimento profundo por terem sabido preparar o presente e o futuro.

Os estudantes do Técnico que sempre souberam corresponder aos sacrifícios que a Pátria lhes exige, continuam hoje a sabê-lo e procurarão sempre contribuir para a valorização da querida Pátria que os viu nascer.

Tenho dito.

Discurso do Director da Secção de Antigos Alunos

No momento em que se inauguram solenemente as comemorações do I Cinquentenário da fundação do Instituto Superior Técnico, cabe à Secção de Antigos Alunos a honra de transmitir a mensagem dos engenheiros formados por esta Escola, mensagem de saudade e de alegria e, essencialmente, mensagem de meditação.

Cinquenta anos estão decorridos desde a data em que o Prof. Dr. Alfredo Bensaúde viu o seu grande sonho tomar foros de realidade: por Decreto de 23 de Maio de 1911 estava criado o Instituto Superior Técnico. Tencionava Bensaúde, através da sua nova Escola, servir o País com técnicos verdadeiramente úteis, cultos e voluntariosos, persistentes e íntegros, metódicos e disciplinados no pensamento e na acção, enfim, os homens indispensáveis no ressurgimento nacional que se impunha. Foi, para este efeito, concebida uma nova estrutura de ensino, revolucionária para a época, e cujos princípios básicos são hoje tão actuais e oportunos como o eram em 1911.

Meio século passou. Perto de 4000 engenheiros saíram já do Instituto Superior Técnico. Até que ponto o sonho de Bensaúde se transformou de facto em realidade? Em que medida resultaram os seus novos métodos pedagógicos e qual a evolução destes durante as cinco décadas passadas? Como tem o Instituto influenciado o desenvolvimento nacional, nomeadamente nos seus aspectos económico e técnico? Até que ponto se conseguiu criar uma *Escola*, mas Escola na mais sublime acepção do termo, com verdadeiros Mestres e verdadeiros Discípulos e uma sólida linha de pensamento que se legue de geração em geração? Outras perguntas deste teor poderiam ser formuladas uma vez decorridos cinquenta anos de trabalhos que nem sempre foram suaves e devidamente compreendidos.

Os momentos que, a partir de hoje, a já grande família do Instituto Superior Técnico vai viver são de alegria e de festa, a festa das Bodas de Ouro. Porém, é indispensável que a data seja aproveitada para um balanço de actividades, um exame de consciência, um estudo sério e desapaixonado dos métodos utilizados e dos resultados obtidos.

Nesta tarefa, de capital importância no momento crucial que vive a Nação Portuguesa, devem colaborar e intervir todos os que, de qualquer forma, estiveram ou estão ligados à vida da nossa Escola.

* * *

De uma maneira geral, o *Ensino* pode ser considerado como um conjunto de acções de diversa ordem a que se sujeita um grupo de indivíduos a fim de os preparar para a ocupação de determinados lugares na sociedade em que vivem. Pode o lugar não ter mais outra caracterização do que a de pertencer a um certo nível da civilização humana e, então, o ensino que lhe é dirigido visa a chamada *cultura geral*. Pode, ao contrário, o lugar pertencer a um sector limitado da vida social, caindo-se, assim, no ensino mais ou menos especializado ou dirigido. Em qualquer dos casos, o ensino tem por função essencial a *formação humana* e esta não tem sentido sem a perspectiva de uma finalidade de acção, mais ou menos imediata. Deste raciocínio breve resulta a existência de dois campos que, em certos tipos de ensino — é o caso dos cursos de engenharia — podem ser designados por *actividade escolar* e *actividade profissional*.

Na estreita ligação entre estas duas actividades reside, sem dúvida, uma das condições mais determinantes da eficácia do Ensino. Nem a Escola se pode isolar numa torre de marfim ignorando o que se passa à sua volta, nem os profissionais a devem encarar como um período passageiro nas suas vidas, que foi ultrapassado e esquecido. Professores, estudantes e profissionais são elementos que, embora com funções diversas, trabalham para o mesmo fim que visa, em última análise, o progresso e a dignificação do homem. Este fim será tanto mais atingido quanto mais estreitamente unirem os seus esforços os que ensinam, os que aprendem e os que executam.

Infelizmente e, porventura, por culpa de ambas as partes, não me parece injusto afirmar que

o Instituto Superiar Técnico viveu, durante o primeiro meio século da sua existência, algo afastado dos engenheiros por ele diplomados. Será esta situação, que é, aliás, uma das características do nosso meio universitário, devida a uma real dificuldade de concretização da colaboração preconizada? Constituirá esta uma utopia impossível de realizar? Creio sinceramente que não. Creio que este afastamento resulta da falta de uma iniciativa séria e decidida de uma das partes e, talvez, de um certo receio de mútuas interferências em campos que, erradamente, se têm considerado independentes.

Sem entrar no fundo da questão, parece-me, desde já, que a colaboração dos profissionais poderia ser concretizada através da formação de comissões, por especialidades técnicas, constituídas por professores e engenheiros não pertencentes ao corpo docente do Instituto, as quais se ocupariam, entre outros, dos seguintes assuntos: estudo periódico da estruturação dos cursos em face da evolução da técnica nacional; revisão periódica dos programas das cadeiras, a qual deve ser feita, com carácter estrictamente obrigatório, pelo menos de 3 em 3 anos; elaboração de planos de estágios escolares e post-escolares; organização de cursos de aperfeiçoamento; visitas técnicas devidamente orientadas e utilização, por parte dos estudantes, de aparelhagem, laboratórios, oficinas e outras instalações de empresas particulares e serviços públicos; etc.

O valor da participação que, nesta mútua colaboração, pode oferecer a Escola é essencialmente ditado pelo nível dos seus diplomados. Para que este nível seja elevado é indispensável que a Escola *viva* e não se limite a ser uma simples «fábrica» de diplomados. Esta *vida* impõe que professores e estudantes se entreguem à Escola de alma e coração e não apenas por meras razões materiais ou convencionais; impõe dedicação e sacrifício; impõe a existência de uma verdadeira mentalidade universitária, que não se consegue apenas à custa de disposições legais mas é inerente ao nível de actividades, *dentro da Escola*, dos corpos docente e discente.

Minhas Senhoras e Meus Senhores:

Portugal vive, na hora presente, um dos momentos mais graves de toda a sua história. Problemas da mais alta importância e que são do domínio público, preocupam os dirigentes da Nação e todos os portugueses conscientes. Estamos numa hora de luta da qual sairemos certamente vencedores se nos mantivermos firmes e unidos. Mas esta luta não deverá ser apenas travada com os inimigos da nossa Pátria, mas igualmente com nós próprios. Cada um de nós deve fazer um exame de consciência e verificar se segue o melhor caminho, se actua da forma que mais interessa ao bem comum. Diz-se frequentemente que somos pobres e poucos e que por isso sentimos dificuldades. No entanto, é altura de nos convencermos de que a maior riqueza de uma Nação é a superior mentalidade do seu povo e esta só é conseguida através de um Ensino vivo, oportuno e eficiente. É por esta mentalidade superior que todos devemos lutar na hora difícil que atravessamos.

Nas comemorações do I Cinquentenário da fundação do Instituto Superior Técnico está integrado um Congresso do Ensino da Engenharia. Termino, desejando que os professores, os estudantes, os engenheiros e todos os que sentem o problema do desenvolvimento técnico nacional, compareçam neste Congresso oferecendo, com lealdade e com franqueza, o melhor da sua colaboração. Se tal acontecer — o que creio sinceramente — poder-se-á afirmar que o Instituto Superior Técnico iniciou o segundo meio século da sua existência prestando ao País um grande e relevante serviço.

Tenho dito.

Conferência do Prof. Eng.º Adrião de Sequeira

Resolveu o Conselho Escolar do Instituto Superior Ténico encarregar o decano dos professores desta Escola de fazer o discurso evocativo do seu cinquentenário.

Aceite o encargo como o de uma obrigação a que não devia eximir-me, duas reacções contraditórias se levantaram no meu espírito, a primeira de alegria por poder prestar mais um serviço à Escola para onde entrei há cinquenta anos, a segunda de apreensão dada a carência de dotes oratórios que reconheço me faltarem por completo.

As minhas desculpas pois a todos V. Ex.as pelo tempo que lhes vou tomar e pela falta de brilho da minha palavra.

* * *

Foi em 25 de Novembro de 1949 que promovi neste Instituto o descerramento do busto do Dr. Alfredo Bensaúde, e hoje ao iniciar as Festas Comemorativas do Cinquentenário da nossa Escola, cumpro um dever que me é extremamente grato, rendendo de novo as minhas homenagens a essa insigne figura que foi, fora de dúvida, o grande reorganizador do Ensino da Engenharia do nosso País e a quem o Instituto Superior Técnico deve incontestàvelmente muito do que tem sido nestes primeiros cinquenta anos da sua existência.

Ao falar da reforma do ensino da Engenharia não devemos, porém, esquecer o político, então Ministro do Fomento, que apreendendo o largo alcance e alto valor das propostas de Alfredo Bensaúde as perfilhou e nelas fundamentou a lei criadora do Instituto Superior Técnico publicada em 23 de Maio de 1911 e regulamentada em 14 de Julho do mesmo ano em bases de tal maneira acertadas que a nossa Escola passou logo de início a poder equiparar-se às Grandes Escolas de Engenharia Europeias apesar das suas instalações, mais do que precárias nos primeiros anos da sua existência.

Foi assim, devido a uma cooperação eficiente entre um pensador, Alfredo Bensaúde, e um político clarividente, Manuel Brito Camacho, que a nossa Escola encetou, em 1911, o trabalho incessante da formação dessa pleiade ilustre de engenheiros, que, fora de toda a dúvida, têm sido os grandes obreiros dessa enorme transformação a que a minha geração teve o feliz condão de assistir.

Falei-vos de Alfredo Bensaúde e mal ficaria com a minha consciência se deixasse no olvido alguém que, nestes primeiros cinquenta anos do Instituto, vinculou para todo o sempre o seu nome à Escola de que foi aluno e mais tarde professor distinto. Refiro-me a Duarte Pacheco o político que nestes nossos tempos primeiramente viu, com uma largueza de vistas notável, os problemas a resolver e a respeito de quem proferi nesta Escola, há tempos, as seguintes palavras:

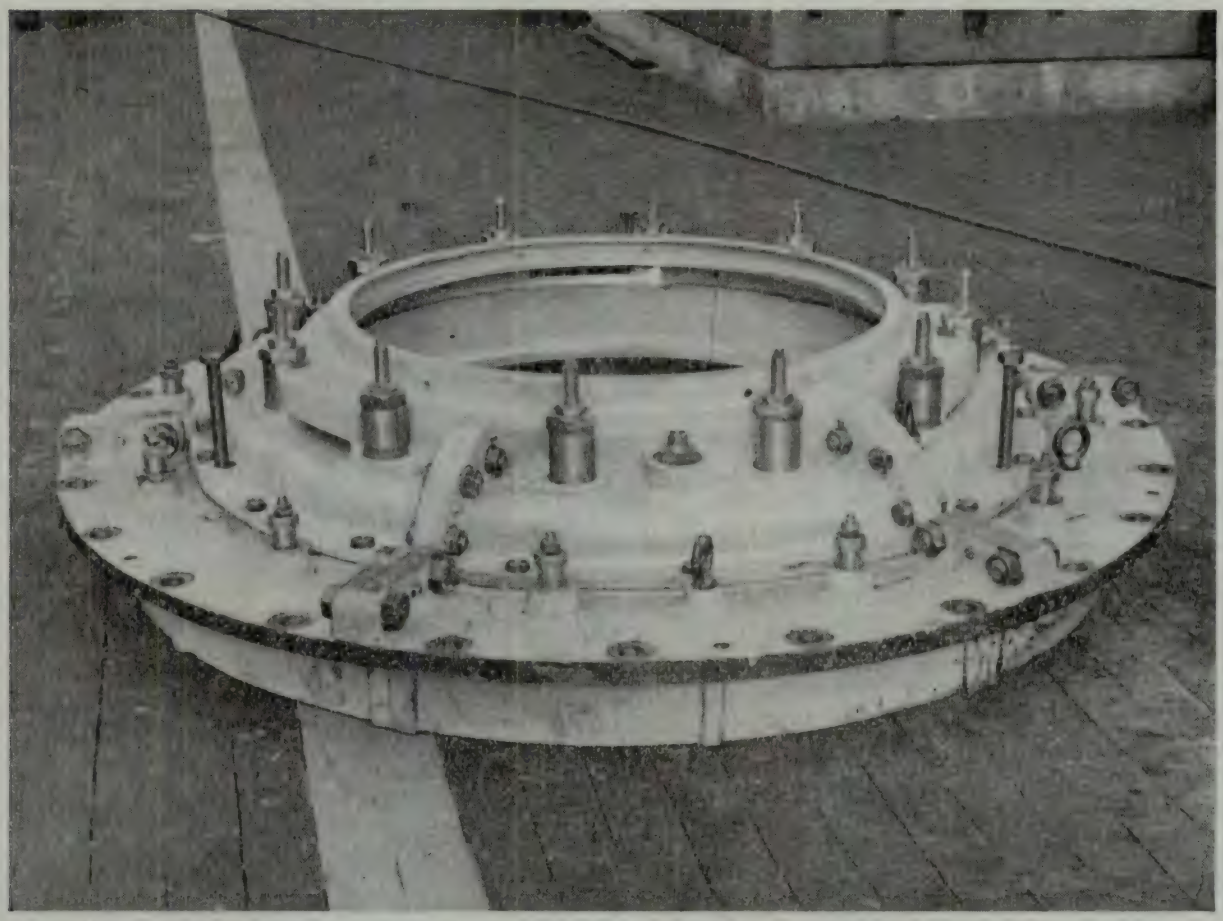
> «Ultrapassou no entanto de tal maneira o âmbito escolar a acção desse Homem, que morreu no desempenho do seu lugar, que ouso pedir aos membros do Governo aqui presentes seja levantado um monumento em Lisboa a esse Grande Ministro das Obras Públicas e interpreto certamente o sentir unânime de professores e alunos desta escola solicitando que esse monumento faça parte integrante deste conjunto do Instituto e da Alameda Afonso Henriques, que foi o ponto de partida duma Nova Lisboa que vemos crescer, dia a dia, na continuação do sonho magnífico de Duarte Pacheco».

O número crescente de técnicos superiores de que o País vem necessitando, e que àvidamente absorve todos os anos, obrigou à formação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto que a partir de 1926 passou a colaborar com o nosso Instituto na formação do Corpo de Engenharia Portuguesa. Aproveito a ocasião para apresentar a esta Faculdade as minhas mais sinceras felicitações pelo alto nível a que se elevou e para render as minhas melhores homenagens aos dois

MAGUE

CONSTRUÇÕES METALO-MECÂNICAS MAGUE, L.DA
(S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA)

Alverca — Portugal



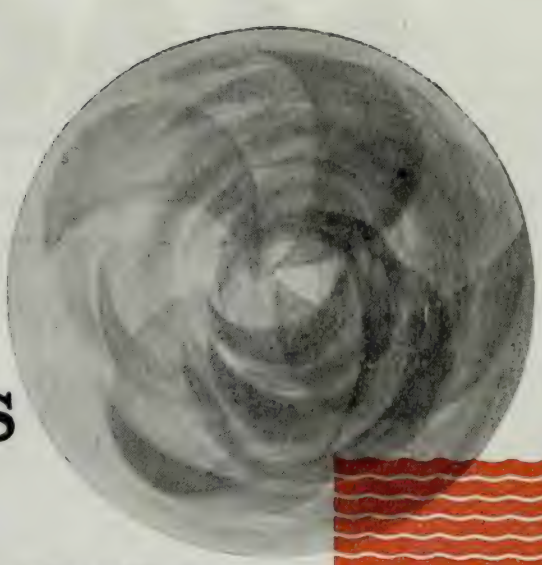
Aspecto da Junta Plana de uma das 3 Turbinas Francis, de 80.000 C. V., destinadas à Central de Miranda do Douro, construídas por Construções Metalo Mecânicas MAGUE, SARL, segundo projecto e licença dos Ateliers de Constructions Mècaniques de Vevey S A.

•

PROJECTO E FABRICO DE

PONTES ROLANTES
GUINDASTES
GRUAS. DERRICKS E GUINCHOS
APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS
CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS

COMPORTAS
TURBINAS
CONDUTAS FORÇADAS
BLINDAGENS



DIVISÃO METALO-MECÂNICA

COMPANHIA UNIÃO FABRIL

AVENIDA 24 DE JULHO, 170 — LISBOA

comporta da barragem do Maranhão construída pela companhia união fabril

distintos Engenheiros por ela formados e que são hoje nossos colegas no Conselho Escolar deste Instituto.

* * *

Data assim de Julho de 1911 a organização da nossa Escola. É o ano lectivo de 1911-1912, por esse facto, o seu primeiro ano de existência.

Está presentemente a falar-vos uma pessoa que nesse ano se matriculou nesta Escola e que nela tem feito a sua vida, única razão justificativa da escolha feita pelo Conselho Escolar para hoje vos falar.

Estava a mocidade escolar nessa época tão afastada da necessidade que o país sentia de técnicos que foi necessário reduzir extraordinàriamente o preço das matrículas no Instituto, em relação ao das outras Escolas Superiores do país, para fazer derivar, para essa profissão, a mocidade então solicitada para outros cursos superiores.

Folheando o livro de matrículas do Instituto encontra-se a seguinte evolução que vos dá uma ideia do valor da iniciativa tomada e da sua oportunidade, notando-se que os números do I. S. T. se referem à frequência nos 6 anos do Curso e os da faculdade de engenharia se referem aos 3 anos do curso especial.

Anos	Alunos matriculados		Engenheiros formados	
	I. S. T.	U. Porto	I. S. T.	U. Porto
1911	207			
1920	405	45	30	1
1930	247	49	31	12
1940	625	293	36	77
1950	915	631	69	123
1960	1805	390	110	150

Desde 1837 existem na cidade do Porto escolas habilitando em engenharia, primeiro sob o nome de Academia Politécnica do Porto, depois sob os nomes de Escola de Engenharia, depois Faculdade Técnica e por último, desde 1926, Faculdade de Engenharia.

Se a estes números juntardes aqueles que a Faculdade de Engenharia habilita, se constatardes que há falta de Engenheiros na Metrópole e que são inúmeras as vagas existentes nos quadros das nossas Províncias Ultramarinas, ficareis a medir bem o quanto o país deve aos insignes portugueses a que fiz justíssima referência.

Foi assim o Instituto Superior Técnico, mais tarde secundado pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, a base insofismável dos grandes empreendimentos levados a efeito e do alto nível industrial que o país vem atingindo e com desvanecimento registo, a pleiade de colegas distintos que em todos os ramos de Engenharia tanto vêm contribuindo para o alto nível e justo conceito que o nosso país está tendo no mundo e de que é expoente máximo o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, hoje tido mundialmente como elemento de consulta quase que imprescindível nos grandes empreendimentos da sua especialidade.

No seguimento de ideias a que este exame vem dando origem surge naturalmente perguntar se o ensino da Engenharia se manteve durante cinquenta anos com a mesma estrutura inicial em face de tão grandes modificações do meio.

A essa pergunta há que responder que o ensino se tem adaptado tanto quanto as estruturas orgânicas das Escolas lho permitem às exigências crescentes do meio, mas há igualmente que reconhecer que se torna premente a modificação da orgânica desse ensino se quisermos manter as Escolas em situação de corresponderem às altas exigências industriais do país no presente momento.

A este respeito vou ler aquilo que em 1949 tive ocasião de dizer quando da inauguração do busto de Alfredo Bensaúde.

> «Vou acabar solicitando dos poderes públicos a atenção que deve merecer a reforma do Ensino da Engenharia no nosso País, que precisa hoje de um novo impulso de igual envergadura ao que lhe foi dado há 37 anos. Mas ao fazê-lo lembro a necessidade de não ser alterado o fundamento da organização que tão bem tem servido o interesse nacional. Permito-me insistir especialmente perante V. Ex.ª, Sr. Ministro da Educação Nacional, a cujo interesse pelos nossos problemas presto homenagem, para que em nada seja diminuída a autonomia pedagógica da Escola — que o seu fundador criou ampla e eficiente — e da qual o Conselho Escolar se ufana de nunca ter abusado».

Para ter uma ideia clara da modificação que urge introduzir no ensino da Engenharia há que nos debruçarmos um pouco sobre a exigência evolutiva do meio, o que vou tentar fazer, sem, é claro, poder abstrair duma concepção pessoal que estou longe de saber se é inteira e abertamente perfilhada por aqueles que me indicaram para hoje vos falar.

* * *

Uma simples extrapolação dos números que vos indiquei fazem prever para o ano de 1970 os seguintes números:

Alunos matriculados	2.880
Engenheiros formados, pelo I. S. T. nesse ano	164

números estes susceptíveis de causar sérias apreensões dada a desproporção existente entre alunos matriculados e Engenheiros formados, desproporção essa que, ao meu espírito, se afigura como não normal.

Haverá em segundo lugar que compulsar o número de engenheiros que nessa data se formarão ante a necessidade de técnicos que antevemos muito grande, atendendo aos seguintes factores que passo a enumerar:

— Kilómetros de estradas a construir nas Províncias Ultramarinas de que vos darei uma ideia mais clara do que a simples comparação de superfícies se vos disser que, sobrepondo Lisboa com Lourenço Marques, a cidade mais ao Norte da Província de Moçambique fica em relação a Lourenço Marques como Munique está para Lisboa.
— Caminhos de Ferro a construir em linhas de penetração desligadas entre si com grande quilometragem de extensão destinadas a dar saída às produções e exigências de largas regiões interiores em franca evolução.
— Portos a construir e apetrechar.
— Pontes rodoviárias e ferroviárias a fazer.
— Intenso serviço de cabotagem a prever, dada a não existência de ligações entre as várias linhas férreas existentes.
— Serviços telegráficos e correios em áreas muitas vezes superiores à Europa.
— Obras enormes de enxugo e de rega dado o tipo especial dos rios africanos.
— Quedas de água a aproveitar.
— Navegabilidade dos grandes cursos de água, etc.

Como vedes, em qualquer dos campos que vos apontei há prespectivas enormes que exigem não só muitos engenheiros como também muito pessoal auxiliar. Há, portanto, que substituir as deslocações esporádicas de técnicos da Metrópole pela formação dos quadros locais susceptíveis de se ocuparem destes largos campos de acção que vos indiquei.

O número de engenheiros a formar em 1970 obtido por extrapolação parece absolutamente insuficiente havendo portanto que preparar as Escolas existentes para formar maior número de engenheiros ou que criar Escolas novas. Ante a dificuldade de obter corpos docentes parece que, de momento, se deve enveredar pelo primeiro processo para o que se torna necessário destacar das Escolas Superiores Técnicas para núcleos escolares a criar com vantagem para o ensino junto dos Laboratórios existentes ou formar os últimos anos dos cursos assim permitindo maior desenvolvimento aos anos anteriores.

Em segundo lugar há que examinar se o país está em condições de desprezar as tendências manifestadas por quantos se matriculam em cursos técnicos superiores e desistem no primeiro ou segundo ano em face de dificuldades de vária ordem.

São, como podeis constatar, pessoas que sentiam propensão e interesse para assuntos técnicos a que não se puderam dedicar por razões, muitas delas, longe de serem negação de qualidades específicas do curso.

Ao engenheiro vão sendo cada vez mais necessários colaboradores o que leva a perguntar se não seriam de aproveitar as tendências de todos aqueles que, por quaisquer razões, anteviram a impossibilidade de atingir o fim em vista ao matricular-se mas que, possìvelmente poderiam ser preparados em cursos de grande aplicação prática de curta duração para

— Desenhadores
— Chefes de equipa
— Contramestres
— Capatazes

Há, por outro lado, que auscultar as tendências actuais da profissão que, possìvelmente, serão hoje muito diferentes do que o eram quando da organização do curso.

* * *

Toda a humanidade sonha com melhoramentos, com nível de vida mais elevado, com maiores comodidades, mas tais sonhos são, na maioria dos casos, abstractos, não chegam a tomar forma concreta. O Engenheiro, como qualquer outro mortal, também sonha, mas é logo, pelo imperativo da sua profissão, obrigado a procurar concretizar o seu sonho transformando-o em realizações que têm constituído uma das grandes forças ao serviço do progresso.

Os médicos, os veterinários, os financeiros, os agricultores, as esferas governativas prestam o seu concurso, seja para nos conservar a saúde para nos fornecer meios de comércio, meios financeiros, para cuidar da nossa alimentação mas é fora de dúvida que os progressos fundamentais provêm de aperfeiçoamentos oriundos da capacidade intelectual dos engenheiros dos laboratórios ou instalações industriais em que o engenheiro exerce a sua actividade directiva.

A industrialização é o fenómeno mundial que tem como significado a existência de fábricas que originam produções mais acessíveis, de menor custo, e tem como finalidade última concorrer para melhorar as condições de vida.

Para muitos, os engenheiros procuram constantemente a diminuição de possibilidades para eles e seus ajudantes porque criam máquinas que poupam inúmeras horas de trabalho, inventam métodos especiais que permitem o emprego de mão-de-obra não especializada, descobrem comandos automáticos que suprimem total ou parcialmente a mão-de-obra. No entanto, paradoxalmente, cada vez a necessidade de técnicos e de pessoal especializado é maior.

Cada nova conquista técnica comprova apenas que a esfera de actuação não tem limites e que sòmente estimulando a acção do homem se consegue que ele alcance níveis mais altos.

Longe de ser um mal, como muitos pensam, o descontentamento actual que se manifesta exuberantemente e que no fundo é mais aparente do que real, é um bem, por que não é mais do que um desejo irresistível de melhorar o que já existe.

É irrecusável que são os adiantamentos mais espectaculares realizados nos domínios da ciência e da engenharia os que atraiem mais a atenção do mundo, mas o progresso técnico está longe de se basear ùnicamente no espectacular.

A evolução do progresso tecnológico que se realiza passo a passo e que em geral é muito lento tem, talvez, maior importância no progresso da técnica mundial do que o tiveram as grandes descobertas.

Quantas vezes, as maiores contribuições para o progresso da ciência se baseiam em trabalhos realizados cinquenta e mais anos antes.

A lentidão da evolução tecnológica, a raridade de inventos espectaculares não diminuem a importância dos adiantamentos realizados durante períodos de tempo mais ou menos longos.

O facto do progresso industrial prosseguir sem cessar denota a existência dum grupo activo de engenheiros trabalhando com essa finalidade; esse progresso é tanto maior quanto mais sadia e vigorosa é a população do País na mais lata acepção desses termos.

Esta evolução tecnológica está a ser nestes últimos tempos secundada pela investigação e dentro dela o engenheiro encontra-se hoje ante fronteiras técnicas infinitas que o empolgam, que o atraem por ser sempre empolgante para a Humanidade encontrar-se ante verdadeiros limites sem limite.

O Engenheiro investigador, e quando digo o engenheiro quero referir-me a todo o cientista, está assim neste campo em situação semelhante à do explorador diante de um território desconhecido de capacidade infinita. Para ele cada planície que atravessa, cada monte que escala é a revelação de uma terra inteiramente nova. Cada passo que dá aumenta o conhecimento do terreno que pisa mas fica também sabendo que tem sempre à sua frente inúmeros caminhos a desvendar.

O investigador, a cada descoberta que faz, aumenta o cabedal dos seus conhecimentos mas percebe que trabalha numa região em que a parte por conhecer não tem limites.

Quantas vezes nesse andar infinito de descobertas dos inúmeros segredos de que Deus rodeou a natureza que nos cerca, ele reconheceu a necessidade de criar técnicas novas, de aperfeiçoar equipamentos, pois sem eles, a busca de novos conhecimentos se tornaria impossível.

Por outro lado, novo e maravilhoso campo se abre à actividade do engenheiro com os progressos matemáticos e de análise.

Compreende-se que ante tantas e tão grandes solicitações o engenheiro e o cientista sintam a necessidade imperiosa do trabalho de equipe, quer de indivíduos de idênticas especializações, quer mesmo de equipes de investigadores com várias preparações.

Assim solicitado por tão altas e tão prementes necessidades o engenheiro começa, por outro lado, a sentir a necessidade de gradualmente ir purificando a sua profissão delegando noutras pessoas certas tarefas que não requerem conhecimentos tão especificados de Engenharia.

Aparece-nos assim a necessidade de graus técnicos intermédios de que até há pouco não se sentia a falta.

O trabalho de equipe que nos aparece como corolário do alto nível atingido pelos conhecimentos humanos faz recair sobre o engenheiro um trabalho todo ele de concepção e de orientação sendo no entanto bom acentuar que não há substituto possível para o engenheiro profissional capaz de criar, projectar e aperfeiçoar, trabalho esse que acentua nele a necessidade de aproveitar todo e qualquer auxílio humano ou mecânico que se lhe ofereça.

* * *

É para este meio exterior absolutamente diferente daquele que existia há cinquenta anos que a Escola tem de praparar os seus diplomados; evoluiu portanto o ensino para acompanhar o meio, mas essa evolução só pôde dar-se dentro daquilo que lhe permitia uma estrutura existente; foi portanto uma evolução lenta que vai afastando a escola do meio sempre em constante melhoria como é natural num país em que dia a dia se sentem palpáveis os sintomas de progresso.

em todo o mundo...

MICHIGAN...

está em acção

PROPORCIONANDO MAIORES LUCROS
ECONOMIZANDO TEMPO E DINHEIRO

- NA CONSTRUÇÃO CIVIL
- NAS OBRAS PUBLICAS
- NA INDUSTRIA
- NAS MINAS
- NOS AREEIROS
- NAS PEDREIRAS
- NA ARMAZENAGEM

rapidez,
facilidade de manobra,
baixo custo

CLARK EQUIPMENT

A2-3-60

ROMAR
UMA ORGANIZAÇÃO AO SERVIÇO DA INDÚSTRIA

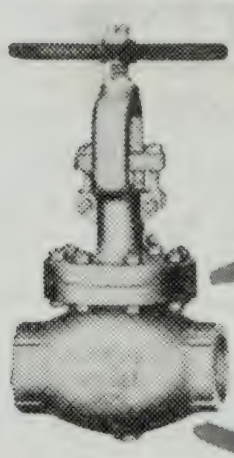
LISBOA
R. DA BOA VISTA, 83-1.º-D.
TELEFS. 672161/2/3/4/5

LUANDA
L. MARQUES

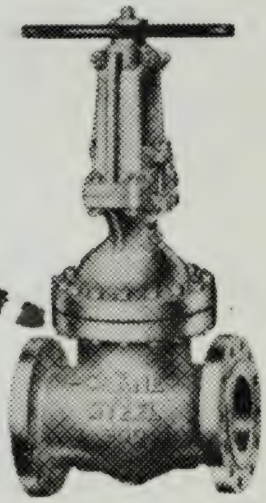
PORTO
R. DE SÁ DA BANDEIRA, 589
TELEFS. 25871-32205

EXPONHA-NOS O SEU PROBLEMA
O NOSSO GABINETE TÉCNICO ENCONTRARÁ A SOLUÇÃO ADEQUADA

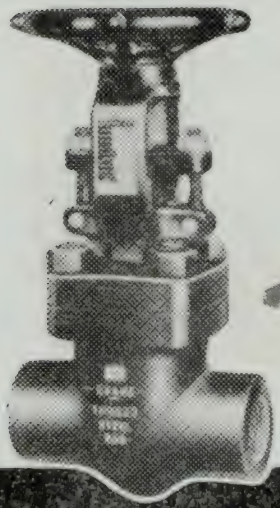
válvulas **CRANE**



em aço forjado



e aço fundido



As válvulas de corrediça, esféricas e de retenção são particularmente apropriadas para serviços a altas pressões, temperaturas altas e abaixo de zero e são usadas através do mundo em «pipe-lines» de grande extensão, em instalações industriais modernas, centrais eléctricas e refinarias de petróleo. De aço fundido, elas cobrem uma vasta gama de tamanhos até 24", de 150, 300 a 600 libras; de aço forjado, os tamanhos são até 2", de 600 libras. A Crane também fabrica válvulas de bronze e válvulas de ferro fundido

V.10

válvulas e ligações **CRANE** para todas as indústrias

Representantes de Equipamentos Britânicos de Engenharia, Lda.

Rua Joaquim António de Aguiar, 45-3.º — LISBOA

Chegou portanto o momento de se pensar muito sèriamente na reforma da estrutura do ensino da engenharia dando-lhe ampla liberdade de se adaptar às necessidades do meio, escolhendo livremente o seu corpo docente por forma a que dentro dele se encontrem representados não só as várias especialidades em graus equitativos mas, igualmente dentro delas, os vários campos de actividade que acabei de definir permitindo assim que o aluno durante o seu contacto com vários tipos e tendências de professores, dentro deles reconheça aquele que mais se aproxima da sua forma de pensar para que o escolha como orientador no caminho para onde dirigir a vida, convicto de que aquele que tomar uma directriz certa que a abrace com vontade e interesse, será um elemento activo dentro desse conjunto que se chama um país e que espera àvidamente por todos os diplomados para os absorver.

O Congresso do ensino da engenharia em Portugal vem pois na hora propícia. Bem haja quem dele teve a ideia, praza a Deus que nas discussões abertas que sobre vários problemas se vão dar, saia algo de benéfico para a profissão que nós todos com tanto entusiasmo cultivamos.

Latinos como somos, há tendências ancestrais que sempre nos fazem pender e entusiasmar em determinado sentido do pensamento humano. Torna-se portanto necessário pensar como dividir entre as várias tendências apontadas as novas gerações, pois que as quantidades necessárias de técnicos nos vários ramos definidos, estão longe de ser iguais antes se dividem em parcelas de valor numérico muito diferente consoante as necessidades do meio.

Nessa divisão de que acabo de falar há principalmente que ter bem presente que as necessidades de técnicos nas nossas Províncias Ultramarinas vão crescer extraordinàriamente e em que é já hoje grande o número de lugares que se encontram por preencher.

Felizmente esta falta de técnicos que se nota no nosso País é hoje mundial.

* * *

Ao encararmos a necessidade de aumentar o número de engenheiros a formar nos anos próximos há que examinar se actuais especializações serão de momento aquelas de que o País necessita. Pela minha parte desde há muito que julgo absolutamente insuficiente as cinco especializações que existem e que sinto a necessidade de aumentar as finalidades dos cursos de engenheiros. Tudo me parecendo indicar, como desde já necessário, os seguintes cursos:

Engenheiros Civis de Estruturas
Engenheiros Civis Hidráulicos
Engenheiros Obras Públicas (Estradas—Aeródromos—Urbanização)
Engenheiros Electricistas (correntes fortes)
Engenheiros Electricistas (correntes fracas)
Engenheiros Químicos
Engenheiros Industriais
Engenheiros de Minas
Engenheiros Mecânicos
Engenheiros Construtores Navais
Engenheiros Aeronáuticos.

Não parece ser de aconselhar a existência destas diferenciações em todas as Escolas de engenharia do País. Parece-nos mesmo que, alguns dos cursos indicados se deveriam estabelecer junto dos locais em que a actividade respectiva mais se desenvolve, citando como exemplo o Arsenal do Alfeite para instalação da Escola de Engenheiros de Construção Naval e Alverca para a instalação da Escola de Engenheiros Aeronáuticos. A evolução que o País está a seguir possìvelmente indicará a colocação dos últimos anos de alguns dos cursos professados junto do Laboratório a criar.

* * *

Na remodelação de que vos acabo de falar, que antevejo necessária e que, possìvelmente para muitos, terá um tanto de megalomana, influi claramente a viagem que ao Portugal do Ultramar efectuei integrado nesse curso de férias que em boa hora o magnífico Reitor da Universidade Clássica promoveu com o decidido apoio do Ministério do Ultramar.

Tomaram, todos os que tiveram a felicidade de nela comparticipar, um banho de sadio patriotismo. Vibrou-se de orgulho ante o progresso constatado. Chegou-se algumas vezes a ter a doce ilusão de que a nossa idade tinha retrocedido, tal a virilidade do meio, tal a grandiosidade da obra levada a efeito por tão diminuto número de obreiros.

Por todos os lados encontrei colegas distintos assoberbados de trabalho e com mágoa constatei a existência de grande número de lugares vagos em quadros já de si reduzidos.

Voltámos dessa viagem absolutamente convictos que nada justifica estarmos contìnuamente a pensar e a dizer que somos *«um pequeno país de recursos limitados»*, e antes absolutamente convictos, de que somos possuidores de grandes riquezas espalhadas por superfícies enormes do Globo, e, que portanto, têm que ser gizados em larga escala os nossos empreendimentos, que nos compete por herança imperativa dos que nos precederam, dos sacrifícios que fizeram fazer progredir a passos largos todas essas regiões em que a Natureza nos abre pròdigamente os braços.

Para este *desideratum* é urgente criar cada vez mais e melhores técnicos em todos os campos do saber humano e neles incutir o espírito de que somos um grande país, em que, de lés a lés, se sente um bater uníssono, em gentes de todas as raças e matizes, o mesmo coração, a mesma alma, a mesma forma de sentir, que se manifesta a cada passo em costumes, arquitectura e hábitos.

Curvemo-nos respeitosamente ante a enormidade do esforço que tão poucos portugueses têm realizado, retiremos dessa admiração o imperativo de criar cada vez em maior quantidade esse escol que urge enviar para as nossas Províncias Ultramarinas em que a vida sorri e em que a Natureza é pródiga nos seus agradecimentos a todos o esforço sério nelas dispendido.

É com esta finalidade que todos devemos trabalhar; é neste fito que se torna urgente a reforma de que acabo de vos falar.

Se já somos grandes, amanhã seremos maiores se soubermos encarar o futuro sem sombras de desfalecimento.

É para vós, engenheiros novos e alunos da nossa Escola, gerações novas que são lançadas para a vida, que se vão dirigir as minhas últimas palavras de incitamento a que em tudo procureis imitar o esforço, a tenacidade, a vontade de querer e de vencer na vida que nesse magnífico Portugal do Ultramar exuberantemente encontrei, e que deis inteiro apoio à firme decisão do Governo, de manter e fazer progredir todas essas terras dispersas pelo Mundo que constituem o Portugal de sempre, onde a nossa bandeira flutua, onde o espírito Português impera, onde o espírito Português imperará.

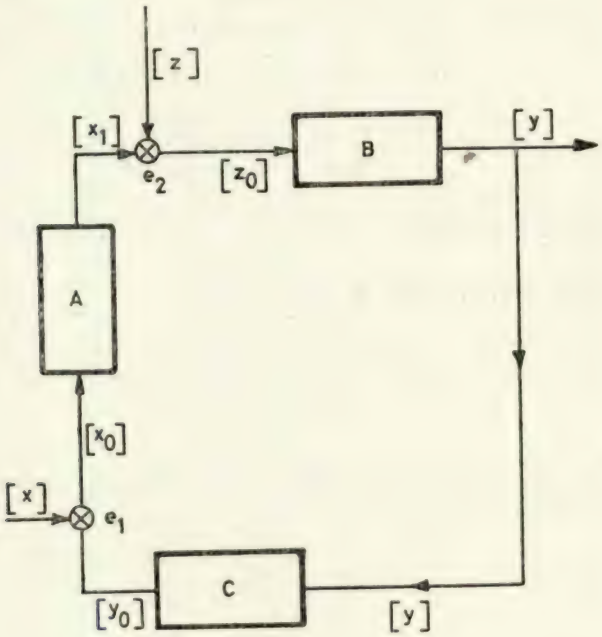
C. D. U. 621 — 52:539.3:518.5

Circuito normalizado dum sistema comandado

PELO ENG.º MECÂNICO (I.S.T.) ANTÓNIO GOUVÊA PORTELA
Prof. do I. S. T.

Na figura junta está representado um circuito normalizado dum sistema comandado, significando:

B = O Dispositivo que se deseja comandar e que fornece a *resposta* [y] quando recebe a *entrada* [z_0].
C = Os instrumentos de medida que convertem [y] em [y_0], parâmetros que são comparados com os *padrões* [x] que se desejam atingir.
A = Os servo-comandos que alteram a regulação do sistema B.
e_1 = Comparadores entre [y_0] e [x].
e_2 = Comparadores entre o sinal corrigido [x_1] e a perturbação [z].
[z] = A perturbação exterior ao sistema.



O problema consiste em escolher as características de A de modo que o sistema (A B C) seja estável.

* * *

Vamos admitir que o sistema é linear e que as matrizes características de A B C são respectivamente simbolizadas por A B e C. Em geral, estas matrizes são rectangulares e seguindo o sentido do diagrama será:

$$\underset{(\alpha,\beta)}{C}\ \underset{(\beta,\gamma)}{B}\ \underset{(\gamma,\alpha)}{A} = \underset{(\alpha,\alpha)}{M}$$

Designaremos por m a ordem α de matriz M.
Na maioria das aplicações será $\alpha = \beta = \gamma = m$.

Entre os diversos sinais e os aparelhos A B C vamos admitir que existem relações lineares e designemos por x_i y_i z_i os sinais e A, B e C as matrizes características dos aparelhos A B C; os sinais serão representados por vectores.

Será então:

$$\begin{cases} z_o = z + x_1 \\ x_1 = A\,x_o \\ x_o = x + y_o \\ y_o = C\,y \\ y = B\,z_o \end{cases}$$

Sistemas de 5 equações matriciais a 6 incógnitas $(x_o\, x_1, y, y_o, z)$ e um vector paramétrico x. Vamos reduzir o sistema a uma equação única de forma

$$y_o = F z + E x$$

sendo F e E duas matrizes a determinar.

Será então:

$$\begin{aligned} y_o = C\,y = C\,B\,z_o &= C\,B\,z + C\,B\,x_1 \\ &= C\,B\,z + C\,B\,A\,x_o = C\,B\,z + C\,B\,A\,x + C\,B\,A\,y_o \end{aligned}$$

ou

$$(I - C\,B\,A)\; y_o = C\,B\,z + C\,B\,A\,x$$

$$y_o = \frac{C\,B}{I - C\,B\,A}\, z + \frac{C\,B\,A}{I - C\,B\,A}\, x \qquad (1)$$

Sendo I a matriz unidade de ordem $\alpha = m$.

A) Estudo da forma das matrizes (A, B, C)

$$A = \sum_{j=o}^{n_a} A_j\, p^{n_a - j}$$

ou seja um polinómio em p de coeficientes matriciais constantes A_j, sendo p um número complexo e n_a o *grau* do polinómio. Idênticamente será:

$$B = \sum_{j=o}^{n_b} B_j\, p^{n_b - j}$$

$$C = \sum_{j=o}^{n_c} C_j\, p^{n_c - j}$$

e se for n o maior de n_a, n_b, n_c. Poderá ainda uniformizar-se a ordem das matrizes A_j B_j e C_j e escrever

$$A = \sum_{j=o}^{n} A_j\, p^{n-j} \qquad (2)$$

$$B = \sum_{j=o}^{n} B_j\, p^{n-j} \qquad (3)$$

$$C = \sum_{j=o}^{n} C_j\, p^{n\ j} \qquad (4)$$

Esta uniformização envolve evidentemente que alguns dos A_j e ou B_j e ou C_j sejam nulos.

B) Representação da equação matricial (1)

Substituindo (2), (3) e (4) em (1) teremos:

$$y_o = \frac{\sum_{j=o}^{n} C_j\, p^{n-j} \cdot \sum_{j=o}^{n} B_j\, p^{n-j}}{1 - \sum_{j=o}^{n} C_j\, p^{n-j} \cdot \sum_{j=o}^{n} B_j\, p^{n-j} \sum_{j=o}^{n} A_j\, p^{n-j}}\, z + \frac{\sum_{j=o}^{n} C_j\, p^{n-1} \cdot \sum_{j=o}^{n} B_j\, p^{n-j} \cdot \sum_{j=o}^{n} A_j\, p^{n-j}}{1 - \sum_{j=o}^{n} C_j\, p^{n-j} \cdot \sum_{j=o}^{n} B_j\, p^{n-j} \cdot \sum_{j=o}^{n} A\, p^{n-j}}\, x$$

Ora já vimos que $p = a + bi$ é o expoente dum vector girante, e^{pt}, cuja projecção no eixo real fornece o movimento imposto a y_o por z.
isto é:

$$z = e^{pt} = e^{(a+bi)t} = e^{at} \cdot a^{bti}$$

Para z admitem-se as seguintes hipóteses restritivas

$$\begin{cases} a \text{ é finito e dado} \\ b \text{ varia de } -\infty \text{ a } +\infty \end{cases}$$

C) Critério de estabilidade do sistema

O critério resume-se a afirmar que $(I - CBA) \neq 0$ para todos os valores de b entre $-\infty$ e $+\infty$.
O Método consiste em:

1.º) *Calcular* $C \times B \times A$:

e será

$$C \times B = \sum_{j=o}^{n} C_j\, p^{j-n} \cdot \sum_{j=o}^{n} B_j\, p^{j-n}$$

$$= \sum_{S=o}^{2n} \left(\sum_{i=o}^{g} C_i\, B_{g-j} \right) \cdot p^{2n-g}$$

e $$C \times B \times A = \sum_{S=o}^{2n} \left(\sum_{i=o}^{g} C_i\, B_{g-i} \right) p^{2n-g} \cdot \sum_{j=o}^{n} A_j\, p^{n-j}$$

$$= \sum_{K=o}^{3n} \left[\sum_{g=o}^{K} \left(\sum_{i=o}^{g} C_i\, B_{g-i} \right) A_{k-g} \right] p^{3n-K}$$

Nota: quando um dos *índices* que aparece numa matriz é *superior* ao número de matrizes existentes, suprime-se no produto esse termo mas evidentemente não se iguala *zero*.
Só será *zero* se a matriz correspondente for nula.

2.º) *Calcular* $(C \times B \times A - I)$

$$C \times B \times A = \sum_{K=o}^{3n-1} \left[\sum_{S=o}^{K} \left(\sum_{i=o}^{g} C_i B_{g-i} \right) A_{K-g} \right] p^{3n-K} + \sum_{g=o}^{3n} \left(\sum_{i=o}^{g} C_i B_{g-i} \right) A_{3n-g}$$

e $$CBA - I = \sum_{K=o}^{3n-1} \left[\sum_{S=o}^{K} \left(\sum_{i=o}^{S} C_i B_{g-i} \right) A_{K-g} \right] p^{3n-K} + \left[\sum_{g=o}^{3n} \left(\sum_{i=o}^{g} C_i B_{g-i} - I \right) \right]$$

$$CBA - I = \sum_{j=o}^{3n} F_j\, p^{3n-j}$$

sendo F_j uma matriz de ordem (m, m).

3.º) Em geral, a matriz F_j que é quadrada e diagonizável e seja D_j a matriz diagonal correspondente a E_j.

Será então $$\sigma^{-1}(CBA-I)\,\sigma = \sum_{j=o}^{3n} D_j\ p^{3n-j}$$

e $$\sigma^{-1}\,[CBA-I]\,.\,[y_o]\,.\,\sigma = \left(\sum_{j=o}^{3n} D_j\ p^{3n-j}\right).\ \sigma^{-1}\,[y_o]\,\sigma \quad \text{e se} \quad D_j = [\,j\lambda ii\,]_{(m,m)}$$

4.º) *Análise do Polinómio Matricial*

Igualando a zero $(CBA-I)\,[y_o]$ será $(CBA-I)=0$ para $[y_o] \neq \{ {}^{o}_{\infty}$ e como o espectro da matriz não é alterado pela operação de similaridade será ainda:

$$\left\{\begin{array}{l} \sum_{j=o}^{3n} j\lambda ii\ p^{3n-j} \\ \vdots \\ \sum_{j=o}^{3n} j\lambda m,m\ p^{3n-j}\ p = 0 \end{array}\right. \qquad \text{Sistema que terá de ser satisfeito}$$

Ora cada uma das equações tem o grau **3n** em p, haverá *3n* raízes reais e ou complexas conjugadas.

5.º) *Critério de estabilidade*

Para que o sistema seja *estável* será necessário que:

a) Para as *raízes reais*, p_r, seja *negativo* pois que $y = e^{-|p_r|t}$ decresce de amplitude com o tempo

b) Para as *raízes complexas*, p_i, seja negativa a parte real do complexo.

Se, $p_i = a \pm b_i$ será $a < 0$

Pois $y = e^{(a \pm bi)\,t} = e^{-|a|t}\,.\,e^{\pm bit}$ novamente y decresce com o *tempo*.

* * *

Resumindo o método consiste em:

a) Calcular $(CBA-I) = f(p)$
b) Estabelecer as *m* equações em p da ordem *3n*
c) Determinar as raízes p_r e p_i
d) Analisar cada uma delas.

D) Variante do método

O Produto *CBA* é sempre uma matriz *quadrada* (m x m) embora C, B e A possam ser matrizes *rectangulares*.

No caso particular, mas muito frequente, em que C, B e A sejam também quadradas e diagonizáveis poderá operar-se de outro modo mais expedido.

1.º) Diagonizar C, B e A e sejam

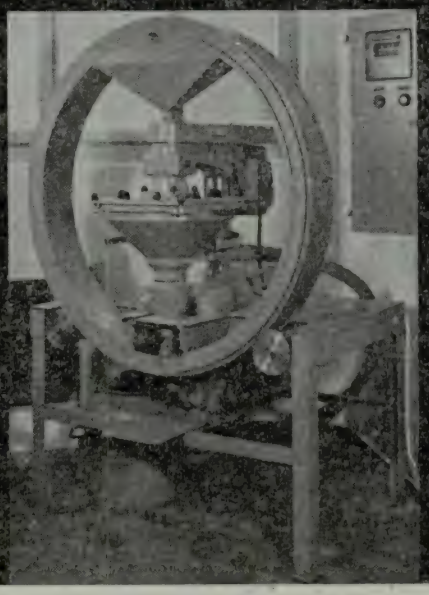
$$[ss\lambda aj] = A_j\ ,\ [ss\lambda bj] = B_j \text{ e } [ss\lambda c_j] = C_j$$

Os ensaios de abrasivos: fonte de economias

+GF+

Os abrasivos metálicos de todos os géneros abundam no mercado. Uma prova objectiva destes custosos produtos impõe-se para estabelecer se eles correspondem ao fim visado.

Prospectos detalhados da nova instalação +GF+ de ensaio de abrasivos será enviada sob pedido.



Georges Fischer Sociedade Anónima, Schaffhouse (Suiça)

Telescriptor: 52915 geofischer schf

Sociedade Comercial ROMAR Lda. Rua da Boavista, 83-1° D Lisboa

GM 1286/5

DESPOEIRAGEM

FILTROS TECIDOS EM PEÇAS, PANOS, SACOS, MANGAS

DE QUALQUER FIBRA NATURAL OU SINTÉTICA

FANAFEL

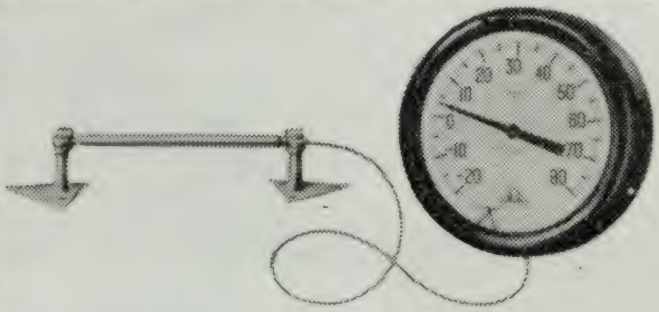
FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEF.: 93
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

Leituras claras e rigorosas



Termómetros de mostrador para todos os fins industriais com a garantia NEGRETTI & ZAMBRA quanto a precisão e robustez.
À esquerda, um dos novos tipos "Standard" e, à direita, um dos modelos próprios para motores Diesel — apenas dois exemplos de uma larga gama abrangendo centenas de modelos.
Grande variedade de modelos para entrega imediata na fábrica.

NEGRETTI & ZAMBRA

Peça catálogo em Português aos *Representantes exclusivos em Portugal e Provincias Ultramarinas:*
MARTIN LESLIE & CIA. LDA.
Campo das Cebolas, 43 3.º D. - LISBOA-2
Tel. 3 28 24 e 3 52 34

Sede: NEGRETTI & ZAMBRA LTD.
Regent Street, London W.1

$$CBA = \sum_{k=o}^{3n} \left[\sum_{g=o}^{k} \left(\sum_{i=o}^{g} C_i \, B_{g-i} \right) A_{n-g} \right] p^{3n-k}$$

$$= \sum_{k=o}^{3n} \left[\sum_{g=o}^{k} \left(\sum_{i=o}^{g} [ss\mathcal{A}c_i] \, [ss\mathcal{A}b(g-i] \right) [ss\mathcal{A}a(k-g)] \right] p^{3n-k}$$

2.º) Cada equação escreve-se:

$$\left| \begin{array}{l} \sum_{k=o}^{3n} \left[\sum_{g=o}^{k} \left(\sum_{i=o}^{g} ss\mathcal{A}c_i \, . \, ss\mathcal{A}b\,(g-i) \right) ss\mathcal{A}a(k-g) \right] p^{3n-k} - 1 = 0 \\ \qquad \text{fazendo variar ss desde (1,1) a m, m)} \end{array} \right.$$

* * *

3.º) Estudam-se as raízes e conclui-se de estabilidade

E) Simplificações resultantes da variante

1.º) Designemos por $ss\mathcal{A}g = \sum_{k=o}^{3n} ss\mathcal{A}c_i \, . \, ss\mathcal{A}b\,(S-i) \qquad g = 0 \ldots 3n$

Será

$$CBA = \sum_{k=o}^{3n} \left[\sum_{g=o}^{k} ss\mathcal{A}g \, . \, ss\mathcal{A}a\,(k-g) \right] p^{3n-1}$$

Ora $[ss\mathcal{A}g]$ é só função de *C* e *B* que são dados do sistema e $[ss\mathcal{A}a]$ caracteriza o sistema A. É relativamente fácil acertar os valores de $[ss\mathcal{A}a]$ de modo a obter-se um produto CBA desejado.

2.º) Se as matrizes C, B, A forem quadradas e diagonalizáveis pode desde logo escrever-se como já vimos:

$$CBA - I = \sum_{k=o}^{3n} \left[\sum_{g=o}^{k} \left(\sum_{i=o}^{g} ss\mathcal{A}ci \, . \, ss\mathcal{A}b(g-i) \right) . \, ss\mathcal{A}a\,(k-g) \right] p^{3n-k} - 1 = 0$$

* * *

F) Exemplificação

Tem interesse aplicar a um *caso particular* em que C, B, A têm os seus elementos descritos por polinómios do *2.º grau*.

Será então: $3 \times n = 3 \times 2 = 6$.

$k=0$	$g=0$	$i=0$	$(ss\mathcal{A}c_0 \, . \, ss\mathcal{A}b_0 \, . \, ss\mathcal{A}a_0) \, . \, p^6$	$\boxed{k+g+i=0}$
$k=1$	$g=0$	$i=0$	$[(ss\mathcal{A}c_0 \, . \, ss\mathcal{A}b_0 \, . \, ss\mathcal{A}a_1) +$	
$k=0$	$g=1$	$i=0$	$+ (ss\mathcal{A}c_0 \, . \, ss\mathcal{A}b_1 \, . \, ss\mathcal{A}a_0) +$	
$k=0$	$g=0$	$i=1$	$+ (ss\mathcal{A}c_1 \, . \, ss\mathcal{A}b_0 \, . \, ss\mathcal{A}a_0)] \, . \, p^5$	$\boxed{k+g+i=1}$
$k=2$	$g=0$	$i=0$	$[(ss\mathcal{A}c_0 \, . \, ss\mathcal{A}b_0 \, . \, ss\mathcal{A}a_2) +$	
$k=1$	$g=1$	$i=0$	$+ (ss\mathcal{A}c_0 \, . \, ss\mathcal{A}b_1 \, . \, ss\mathcal{A}a_1) +$	
$k=1$	$g=0$	$i=1$	$+ (ss\mathcal{A}c_1 \, . \, ss\mathcal{A}b_0 \, . \, ss\mathcal{A}a_1) +$	
$k=0$	$g=2$	$i=0$	$+ (ss\mathcal{A}c_0 \, . \, ss\mathcal{A}b_2 \, . \, ss\mathcal{A}a_0) +$	
$k=0$	$g=1$	$i=1$	$+ (ss\mathcal{A}c_1 \, . \, ss\mathcal{A}b_2 \, . \, ss\mathcal{A}a_0) +$	
$k=0$	$g=0$	$i=2$	$+ (ss\mathcal{A}c_2 \, . \, ss\mathcal{A}b_0 \, . \, ss\mathcal{A}a_0)] \, . \, p^4$	$\boxed{k+g+i=2}$

Note-se que $j = (0, 1, 2)$ e portanto $ss\lambda b_3$, $ss\lambda a_3$ e $ss\lambda c_3$ de 3 em diante *não existem* e por isso se suprime

$k=2$	$g=1$	$i=0$	$+ (ss\lambda c_0 \,.\, ss\lambda b_1 \,.\, ss\lambda a_2) +$	
$k=2$	$g=0$	$i=1$	$+ (ss\lambda c_1 \,.\, ss\lambda b_0 \,.\, ss\lambda a_2) +$	
$k=1$	$g=2$	$i=0$	$+ (ss\lambda c_0 \,.\, ss\lambda b_2 \,.\, ss\lambda a_1) +$	
$k=1$	$g=1$	$i=1$	$+ (ss\lambda c_1 \,.\, ss\lambda b_1 \,.\, ss\lambda a_1) +$	
$k=1$	$g=0$	$i=2$	$+ (ss\lambda c_2 \,.\, ss\lambda b_0 \,.\, ss\lambda a_1) +$	
$k=0$	$g=3$	$i=0$	$+ (ss\lambda c_0 \,.\, ss\lambda b_0) +$	
$k=0$	$g=2$	$i=1$	$+ (ss\lambda c_1 \,.\, ss\lambda b_2 \,.\, ss\lambda a_0) +$	$\boxed{k+g+i=3}$
$k=0$	$g=1$	$i=2$	$+ (ss\lambda c_2 \,.\, ss\lambda b_1 \,.\, ss\lambda a_0)] \,.\, p^3$	
$k=0$	$g=0$	$i=3$		

$k=2$	$g=2$	$i=0$	$[(ss\lambda c_0 \,.\, ss\lambda b_2 \,.\, ss\lambda a_2) +$	
	$g=1$	$i=1$	$+ (ss\lambda c_1 \,.\, ss\lambda b_1 \,.\, ss\lambda a_2) +$	
	$g=0$	$i=2$	$+ (ss\lambda c_2 \,.\, ss\lambda b_0 \,.\, ss\lambda a_2) +$	
$k=1$	$g=2$	$i=1$	$+ (ss\lambda c_1 \,.\, ss\lambda b_2 \,.\, ss\lambda a_1) +$	
	$g=1$	$i=2$	$+ (ss\lambda c_2 \,.\, ss\lambda b_1 \,.\, ss\lambda a_1) +$	$\boxed{k+g+i=4}$
$k=0$	$g=2$	$i=2$	$+ (ss\lambda c_2 \,.\, ss\lambda b_2 \,.\, ss\lambda a_0)] \,.\, p^2$	

$k=2$	$g=2$	$i=1$	$[(ss\lambda c_1 \,.\, ss\lambda b_2 \,.\, ss\lambda a_1) +$	
$k=2$	$g=1$	$i=2$	$+ (ss\lambda c_2 \,.\, ss\lambda b_1 \,.\, ss\lambda a_2) +$	$\boxed{k+g+i=5}$
$k=1$	$g=2$	$i=2$	$+ (ss\lambda c_2 \,.\, ss\lambda b_2 \,.\, ss\lambda a_1)] \,.\, p^1$	

$k=2$	$g=2$	$i=2$	$[(ss\lambda c_2 \,.\, ss\lambda b_2 \,.\, ssa\lambda_2)] \,.\, p^0$	$\boxed{k+g+i=6}$

$$C\,B\,A - I = [\;]\,p^6 + [\;]\,p^5 + [\;]\,p^4 + [\;]\,p^3 + [\;]\,p^2 + [\;]\,p + (ss\lambda c_2 \,.\, ss\lambda b_2 \,.\, ss\lambda a_2) - I = 0$$

Nas hipoteses anteriores e ainda se a resposta dos instrumentos C fôr da forma $C_1\,p + C_2 = o$, isto é, não têm *inércia* será então: $C_0 = o$ e daí as seguintes simplificações:

$p^6 \rightarrow$ *coeficiente nulo*

$p^5 \rightarrow (ss\lambda c_1\; ss\lambda b_0\; ss\lambda a_0)$

$p^4 \rightarrow [(ss\lambda c_1\; ss\lambda b_0\; ss\lambda a_1) + (ss\lambda c_1\; ss\lambda b_1\; \lambda a_0) + (ss\lambda c_0\; ss\lambda b_0\; ss\lambda c_0)]$

$p^3 \rightarrow [(ss\lambda c_1\; ss\lambda b_0\; ss\lambda a_2) + (ss\lambda c_1\; ss\lambda b_1\; ss\lambda a_1) + (ss\lambda c_2\; ss\lambda b_2\; ss\lambda a_2) +$
$\quad + (ss\lambda c_1\; ss\lambda b_2\; ss\lambda a_0) + (ss\lambda c_2\; ss\lambda c_1\; ss\lambda a_0)]$

$p^2 \rightarrow [(ss\lambda c_1\; ss\lambda b_1\; ss\lambda a_2) + (ss\lambda c_2\; ss\lambda b_0\; ss\lambda a_2) + (ss\lambda c_1\; ss\lambda b_2\; ss\lambda a_1) +$
$\quad + (ss\lambda c_2\; ss\lambda b_1\; ss\lambda a_1) + (ss\lambda c_2\; ss\lambda b_2\; ss\lambda a_0)]$

$p \rightarrow [(ss\lambda c_1\; ss\lambda b_2\; ss\lambda a_2) + (ss\lambda c_2\; ss\lambda b_1\; ss\lambda a_2) + ss\lambda c_2\; ss\lambda b_2\; ss\lambda a_1)]$

$p^0 \rightarrow (ss\lambda c_2\; ss\lambda b_2\; ss\lambda a_2)$

$$[\;]\,p^5 + [\;]\,p^4 + [\;]\,p^3 + [\;]\,p^2 + [\;]\,p + [ss\lambda c_2\; ss\lambda b_2\; ss\lambda a_2] - 1 = o$$

A TÉCNICA MAIS MODERNA
Tudor
PORTUGAL
A MARCA DE MAIOR DURAÇÃO
PILHAS SECAS
MÁXIMA DURAÇÃO
SEMPRE LUZ CLARA
Tudor
PORTUGAL
GRANDE CAPACIDADE
LONGA ARMAZENAGEM
TIPO
FABRICAÇÃO SEMPRE RECENTE

máquinas eléctricas

TRANSFORMADORES

LICENÇA SIEMENS SCHUCKERT

ATÉ 1600 kVA 35 kV

MOTORES TRIFÁSICOS ASSINCRONOS

ATÉ 120 Cv

EMPRESA NACIONAL DE APARELHAGEM ELÉCTRICA, S. A. R. L. AV. 24 DE JULHO, 158 — LISBOA

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS MOTRA EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS, S. A. R. L.

AV. INFANTE SANTO, 56 D-1.º LISBOA — TEL. 66 10 69 — 66 10 36

C. D. U. 621.373.42:621.385.3 *

ESTUDO DUM GERADOR ELECTRÓNICO DA SUB-HARMÓNICA f/2

Pelo Eng.º Electrotécnico (I. S. T.) JOÃO F. BORGES DA SILVA
Assistente do I. S. T.
Bolseiro do I. A. C.

(Conclusão)

CAPÍTULO IV

Teoria do gerador de sub-harmónica

I — Equações de evolução em escrita adimensional

As equações que regem o comportamento do gerador de sub-harmónica vão agora resultar de exigirmos que as potências P_a e P_r dadas pelas expressões II-35 e II-36 (1), que são uma consequência das propriedades do circuito oscilante, sejam iguais às potências P_a e P_r dadas pelas expressões III-34 e III-32 (1) que resultaram das propriedades do circuito dos tubos electrónicos. Obtemos assim um sistema de duas equações diferenciais que condicionam a evolução da amplitude e da fase.

Devemos notar que as potências foram calculadas no Capítulo II (1) para o caso de existir entre os terminais do circuito oscilante uma tensão e_1 do tipo quase sinusoidal e que as expressões das potências do Capítulo III (1) são também válidas na mesma hipótese. Porém como as correntes i_e e i_{g1} contêm termos de frequência 2ω, 3ω, ... além do termo fundamental, é preciso garantir que a característica corrente-tensão do circuito oscilante seja suficientemente selectiva no domínio da frequência, para que, não obstante a existência de fortes harmónicas nas correntes, elas possam ser desprezadas, em face da fundamental, na tensão.

Para isso, deve a relação

$$Q_0 = \frac{R_p}{\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

ser tão grande quanto possível.

(1) Ver do mesmo autor, sob o mesmo título «Técnica» n.º 309, pág. 249 a 260.

Até que ponto a exigência duma oscilação e_1 de forma sinusoidal é satisfeita na prática, pode ser apreciado no Osc. n.º 16, Cap. VI.

Reunindo então as expressões II-35 e II-36 com as expressões III-34 e III-32 obtém-se o seguinte sistema (2):

$$\begin{cases} \dfrac{1}{E_1}\dfrac{dE_1}{dt} = \dfrac{1}{8C}\left(a - \dfrac{4}{R_p} - b\,E_2 \cos 2\phi - g\right) \\ \dfrac{d\phi}{dt} = -\delta_\omega + \dfrac{b\,E_2}{8C}\,\text{sen}\,2\phi \end{cases} \qquad \text{IV-1}$$

Para facilitar o estudo das equações do sistema IV-1 vamos escrevê-las sob a forma de relações adimensionais.

O circuito oscilante é caracterizado pelos seguintes parâmetros:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}\ [T^{-1}];\quad R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}\ [\Omega];\quad R_p\ [\Omega].$$

As propriedades dos tubos são caracterizadas por:

$$a\ [\Omega^{-1}];\quad b\ [\Omega^{-1}\,V^{-1}];\quad g\ [\Omega^{-1}].$$

Introduziremos então os seguintes números:

$$A = \frac{R_0}{8}\left(\frac{4}{R_p} - a\right) \qquad \text{IV-2}$$

$$B = \frac{R_0}{8}\,b\,E_2 \qquad \text{IV-3}$$

$$D = \frac{\delta_\omega}{\omega_0} \qquad \text{IV-4}$$

$$G = \frac{R_0}{8}\,g \qquad \text{IV-5}$$

(2) Notar que a amplitude E de II-35 e II-36 é a tensão total entre os terminais do circuito oscilante e portanto igual a $2 \cdot E_1$ visto que E_1 é a amplitude da oscilação e_1 em metade da bobine do esquema da Fig. 1.

N. da R. — A classificação C. D. U. 621.396.61, que foi publicada na *Técnica* n.º 309, pág. 249, deve ser substituída pela presente classificação.

Usaremos para variável independente τ definido por:

$$\tau = \omega_0 t = 2\pi \frac{t}{T_0} \qquad \text{IV-6}$$

e para variáveis dependentes:

$$\varepsilon = \log \frac{E_1}{E_0} \qquad \text{IV-7}$$

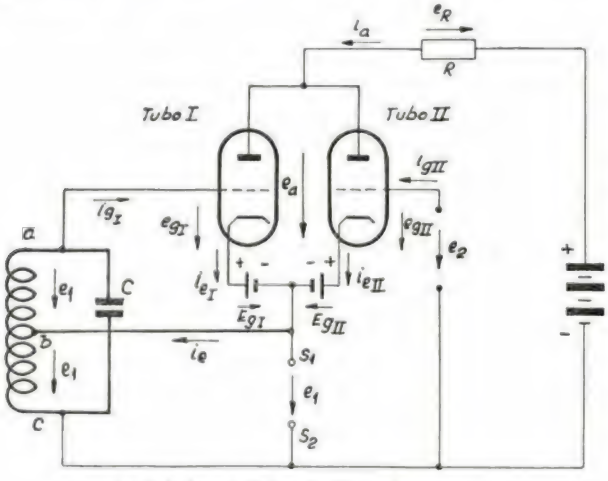
e ϕ

onde E_0 é um valor da amplitude, tomado para referência.

Usando estes números, as equações podem escrever-se como se segue:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dfrac{d\,\varepsilon}{d\,\tau} = -A \quad B \cos 2\,\phi - G \\ \\ \dfrac{d\,\phi}{d\,\tau} = -D + B \operatorname{sen} 2\,\phi \end{array} \right. \qquad \text{IV-8}$$

Os números A, B, D e G são números pequenos em relação à unidade no domínio de aplicação desta teoria.



e_1 Sub-harmónica de frequência ω.
e_2 Sinal sincronizante de frequência 2ω

Fig. 1

2 — Significado dos números introduzidos

2.1 — *Variável* ε — Mede a amplitude da sub-harmónica em escala logarítmica.

2.2 — *Variável* τ — Mede o tempo tomando como unidade $\frac{T_0}{2\pi}$ em que T_0 é o período correspondente à frequência de ressonância do circuito oscilante.

2.3 — *Parâmetro A* — Mede o grau de amortecimento do circuito oscilante na ausência de sinal sincronizante e de corrente de grelha, isto é, para $B = O$ e $G = O$.

Designando por λ o decremento logarítmico das oscilações será:

$$A = \frac{\lambda}{\pi} \qquad \text{IV-9}$$

Se $A > O$ o sistema é estável na ausência de sinal sincronizante, permanecendo na situação de repouso.

Se $A < O$ o sistema auto-excita-se mesmo na ausência de sinal sincronizante. A situação de repouso não se pode manter, tendendo sempre o sistema a oscilar com amplitude exponencialmente crescente.

O valor de A pode ser regulado dentro de certos limites pelo ajuste dos pontos de funcionamento dos tubos de que depende o parâmetro *a* que intervém em A.

2.4 — *Parâmetro B* — Mede o efeito do sinal sincronizante sobre o sistema, sendo directamente proporcional à sua amplitude. É um número sempre positivo.

2.5 — *Parâmetro D* — Mede o desvio relativo da frequência da sub-harmónica em relação à frequência de ressonância ω_0 do circuito oscilante.

2.6 — *Parâmetro G* — Mede o efeito adicional, de amortecimento do circuito oscilante, devido à condução de corrente de grelha.

3 — Propriedades do gerador de sub-harmónica

Antes de procurar resolver o sistema IV-8 vamos examiná-lo afim de podermos evidenciar propriedades importantes do gerador de sub-harmónica.

3.1 — *Regimes de fase síncrona* — A segunda equação do sistema IV-8 é independente das amplitudes. A condição que deve ser satisfeita afim de que a fase da oscilação seja estacionária não envolverá portanto a amplitude. Essa condição é:

$$\operatorname{sen} 2\,\phi = \frac{D}{B} \qquad \text{IV-10}$$

Quando a fase for estacionária, ou o que é o mesmo, quando a oscilação tiver precisamente a frequência da sub-harmónica do sinal sincronizante, deve a fase ϕ ter um valor particular ϕ_f satisfazendo à equação IV-10.

Sempre que isso se der, diremos que o regime é de «fase síncrona».

Para que IV-10 tenha solução deve ser:

$$|D| \leqslant B \qquad \text{IV-11}$$

donde se conclui que *os regimes de fase síncrona só são possíveis quando a frequência da sub-harmónica cai dentro duma faixa limitada que se dispõe simètricamente em torno de* ω_0.

A amplitude dessa faixa é directamente proporcional à amplitude do sinal sincronizante.

Quando tem solução, a equação IV-10 admite em geral quatro valores para ϕ no domínio de 0 a 2π. Destas quatro possibilidades há duas

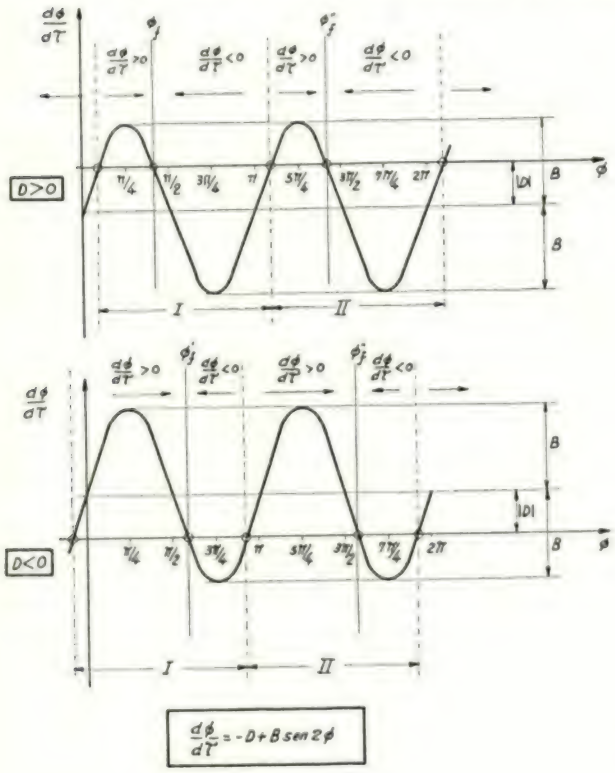


Fig. 7

afastadas entre si de π radianos, em direcção às quais o sistema tende a evoluir à medida que o tempo passa. Sòmente estas duas possibilidades representam regimes estacionários possíveis e correspondem aos anulamentos de $d\phi/d\tau$ em que esta derivada passa de positiva à esquerda para negativa à direita (Veja-se fig. 7).

O intervalo de 0 a 2π fica dividido em dois domínios, designados por I e II na fig. 7 que são precisamente separados pelos outros dois pontos em que $d\phi/d\tau$ se anula. Qualquer regime cuja fase inicial se situe no domínio I tenderá para ϕ_f' e semelhantemente se a fase inicial estiver situada no domínio II tenderá para ϕ_f''.

Portanto, *sempre que existe fase síncrona, encontramos dois valores possíveis para* ϕ_f *afastados entre si de* π *radianos. O valor da fase final que se estabelece num caso particular depende ùnicamente das condições iniciais.*

Na fig. 7 pode também observar-se fàcilmente qual o intervalo varrido pelo ϕ_f quando a frequência percorre o domínio em que existe fase síncrona.

Assim, para

$$-B \leqslant D \leqslant B$$

será

$$3\pi/4 \geqslant \phi_f' \geqslant \pi/4$$

e

$$7\pi/4 \geqslant \phi_f'' \geqslant 5\pi/4$$

Em particular, para a frequência central ω_0 a que corresponde $D = 0$ teremos

$$\phi_f' = \frac{\pi}{2} \qquad \phi_f'' = \frac{3\pi}{2}$$

3.2 — *A equação das amplitudes na ausência de corrente de grelha* — Para amplitudes suficientemente pequenas da oscilação sub-harmónica é $G = 0$ donde vem para a primeira equação de IV-8 ùnicamente.

$$\frac{d\varepsilon}{d\tau} = -A - B \cos 2\phi$$

Supomos que existe fase síncrona, a que corresponde um certo ϕ_f.

Se para este valor de ϕ, $d\varepsilon/d\tau$ for positivo, as amplitudes serão crescentes. Por mais pequena que seja a amplitude inicial obteremos, ao fim de algum tempo, oscilações que crescem exponencialmente.

Pelo contrário, se $d\varepsilon/d\tau$ for negativo, qualquer oscilação proveniente de se partir dum estado inicial de amplitude não nula será sempre uma oscilação amortecida.

No caso particular de ser $d\varepsilon/d\tau = 0$, o que só se pode verificar se ϕ_f, A e B tiverem valores

determinados, obteríamos amplitudes constantes ao fim dum tempo suficientemente longo. O valor particular desta amplitude final seria porém determinado pelas condições iniciais e não pelo sistema.

Este tipo de funcionamento não é pràticamente realizável porque a sua manutenção depende de se terem grandezas físicas com valores relativos matemàticamente exactos o que não é fìsicamente possível. Pràticamente só têm interesse os dois primeiros casos em que a amplitude ou tende a crescer ou tende a descrescer.

Estas considerações revelam que *no domínio das pequenas amplitudes em que não há corrente de grelha não se evidencia nenhum mecanismo de estabilização da amplitude da sub-harmónica,* facto que fundamentalmente se deve a ser a amplitude do termo fundamental de i_e proporcional à amplitude da sub-harmónica, mesmo na parcela que deriva do termo do segundo grau. Veja-se no Capítulo III a expresão III-30.

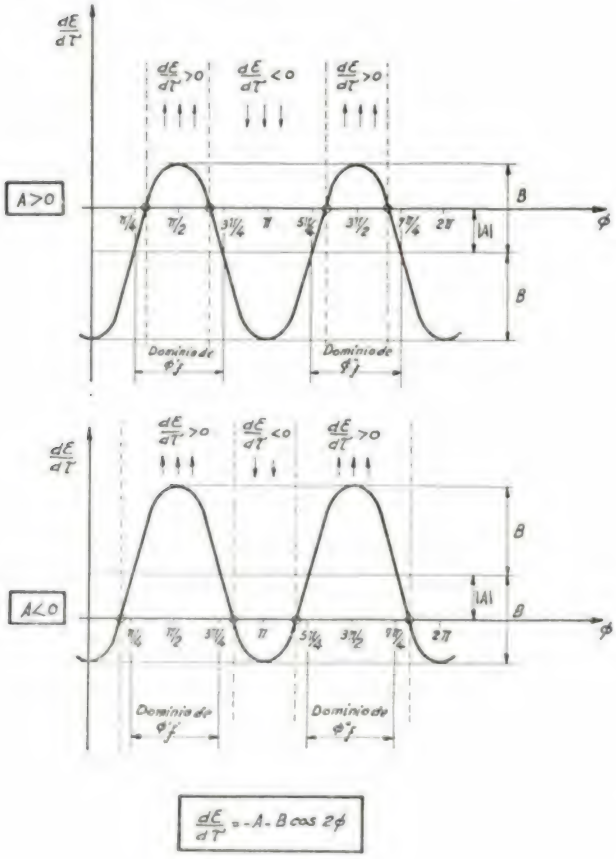


Fig. 8

3.3 — *Faixa de funcionamento* — Diremos que o gerador de sub-harmónica «funciona» quando existe fase síncrona e, além disso, as pequenas amplitudes tendem a crescer.

Por «faixa de funcionamento» entendemos o domínio de frequência para as quais o gerador funciona.

1.° Caso — $A > 0$

O sistema é, como vimos, estável sem sinal sincronizante. Observando a Fig. 8 verifica-se que o domínio das amplitudes crescentes está contido no domínio da fase síncrona, sendo portanto o primeiro que determina a largura da faixa de funcionamento, cujos limites serão dados por:

$$-\sqrt{B^2 - A^2} \leqslant D \leqslant +\sqrt{B^2 - A^2} \qquad \text{IV-12}$$

(Observe-se a Fig. 9).

Nestas circunstâncias o sistema encontra-se em repouso até que as características do sinal sincronizante sejam tais que se caia dentro da faixa de funcionamento. A oscilação sub-harmónica nascerá então *expontâneamente.*

2.° Caso — $A < 0$.

Na ausência do sinal sincronizante, o sistema é auto-excitado, oscilando com a frequência ω_0.

Observando a Fig. 8 verificamos que nestas circunstâncias o domínio das amplitudes crescentes contém o domínio da fase síncrona pelo que, desde que haja fase síncrona o gerador funciona. A faixa de funcionamento é então dada simplesmente por:

$$-B \leqslant D \leqslant B \qquad \text{IV-13}$$

Empregando outra linguagem, podemos dizer que esta expressão traduz as condições que devem ser satisfeitas, para que o oscilador auto-excitado seja sincronizado pelo sinal sincronizante na sua sub-harmónica f/2.

Da discussão feita convém salientar as seguintes conclusões, importantes para as aplicações:

1) — No modo estável ($A > 0$) a amplitude do sinal sincronizante tem de exceder um certo valor mínimo para que exista possibilidade de funcionamento. Com efeito, na expressão IV-12 tem de ser $B > A$. Este valor mínimo é tanto maior quanto maior for o amortecimento do circuito oscilante.

2) — No modo auto-excitado ($A < 0$) a sincro-

nização verifica-se desde a amplitude zero do sinal sincronizante. A largura da faixa de frequências em que ela se dá é proporcional a essa amplitude (Exp IV-13).

3) — Em qualquer dos modos um aumento da amplitude do sinal sincronizante alarga a faixa de funcionamento e torna o crescimento das oscilações mais rápido.

4) — O comportamento do gerador de sub-harmónica no domínio da frequência é simétrico em relação à frequência ω_0.

pondo nós do respectivo gráfico que será normalmente de origem experimental como se explicou (Cap. III-3).

Sendo então dados A, B e D correspondentes a determinado regime de funcionamento, a resolução da equação IV-14 para obtenção da amplitude estacionária pode fazer-se gràficamente, como se explica na Fig. 9.

A construção da Fig. 9 fornece igualmente o valor final da fase ϕ_f.

O facto de G ser uma função crescente de E_1

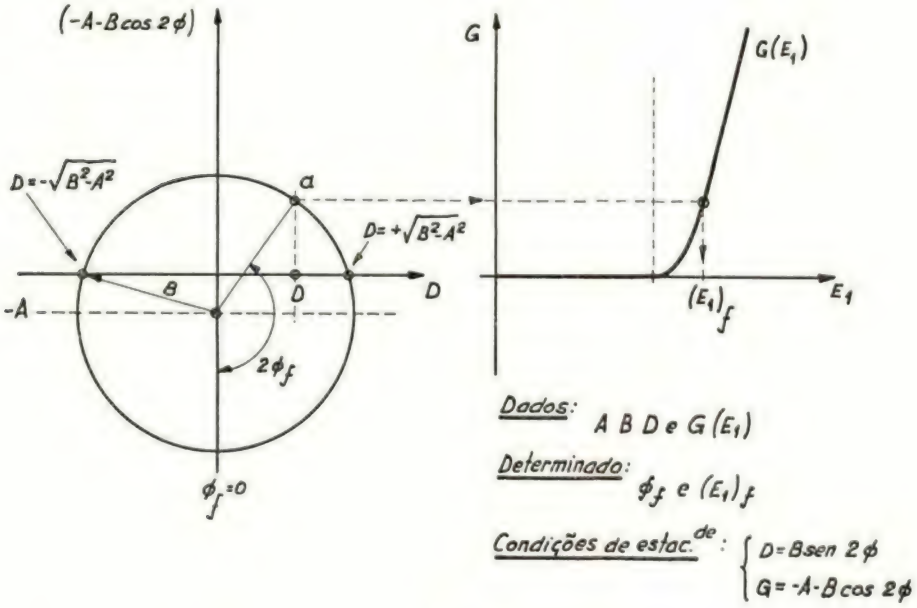


Fig. 9

Determinação gráfica da fase e da amplitude final da oscilação sub-harmónica

4 — Determinação da amplitude final da oscilação

Consideramos agora a primeira equação do sistema IV-8 completa

$$\frac{d\varepsilon}{d\tau} = -A - B \cos 2\phi - G$$

A amplitude será estacionária para

$$G = -A - B \cos 2\phi_f \qquad \text{IV-14}$$

em que ϕ_f é o valor limite da fase, supondo que existe fase síncrona, que é o único caso que nos vai interessar.

Admitimos G conhecido em função de E_1, dis-

assegura que a derivada se torna negativa quando a amplitude ultrapassar o valor estacionário e inversamente se torna positiva quando a amplitude for menor que a estacionária. Deste modo a amplitude estacionária determinada será estável.

5 — Resolução do sistema de equações de evolução

5.1 — *Esquematização do problema* — Vamos procurar as soluções do sistema IV-8 no caso de ser $G = 0$, isto é, para amplitudes suficientemente pequenas da oscilação, insuficientes para originarem condução de corrente de grelha.

Vamos começar por reduzir o sistema IV-8 à sua forma mais simples, sem perda de genera-

lidade. Para isso dividimos as equações IV-8 por B obtendo o sistema

$$\left\{\begin{aligned} \frac{d\varepsilon}{d\tau'} &= -\alpha - \cos 2\phi \\ \frac{d\phi}{d\tau'} &= -\delta + \operatorname{sen} 2\phi \end{aligned}\right. \qquad \text{IV-15}$$

onde introduzimos os seguintes números:

$$\tau' = B\tau, \quad \alpha = \frac{A}{B} \quad \text{e} \quad \delta = \frac{D}{B} \qquad \text{IV-16}$$

As grandezas que agora intervêm terão no seu domínio de interesse, valores da ordem de grandeza da unidade, o que é vantajoso para o cálculo numérico. Além disso o número de parâmetros que intervêm ficou reduzido ao mínimo essencial que é precisamente de dois, α e δ.

Notemos que a segunda equação de IV-15 define por si só a fase ϕ. Concluimos então que a relação $\phi(\tau')$ só dependerá do parâmetro δ.

As amplitudes dependerão simultâneamente dos dois parâmetros α e δ, pelo que, esquemàticamente, a solução do sistema IV-15 terá a forma

$$\phi(\tau')_\delta \qquad \varepsilon(\tau')_{\alpha,\delta}$$

5.2 — *Resolução da equação das fases* — A equação tem a seguinte forma:

$$\frac{d\phi}{d\tau'} = -\delta + \operatorname{sen} 2\phi$$

Temos de considerar três casos definidos pelas seguintes condições:

$$|\delta| < 1 \qquad |\delta| = 1 \qquad |\delta| > 1$$

Reportando-nos à discussão de IV-3.1 vemos que o primeiro caso corresponde a existir fase síncrona, o terceiro a não existir fase síncrona e o segundo é o caso limite de transição entre o primeiro e o terceiro.

Teremos de escrever a solução separadamente para cada um destes casos.

a) — $|\delta| < 1$ — *Existe fase síncrona*

Bastará escrever a solução relativa ao domínio I (Fig. 7), o domínio II corresponde simplesmente a uma translacção do domínio I de π radianos.

Para cobrir todos os regimes possíveis no domínio I temos de considerar dois tipos de condições iniciais e consequentemente duas expressões diferentes para a solução.

Uma expressão dirá respeito a regimes que se iniciam à esquerda de ϕ'_f e que cobrirá os valores de ϕ menores que ϕ'_f e tenderá assintòticamente para ϕ'_f quando o tempo cresce.

A outra expressão dirá respeito duma forma análoga a regimes que se iniciam à direita de ϕ'_f.

Convencionaremos tomar para instante $\tau' = 0$ o instante em que $\phi = \pi/4$ ou $\phi = 3\pi/4$ consoante a solução se refere a regimes à esquerda ou à direita de ϕ'_f.

Estes pontos são de simetria e estacionaridade, para a derivada da fase e portanto pontos de inflexão para a fase.

As expressões da solução são então as seguintes:

Regimes em que $\phi < \phi'_f$ (tomando $\phi = \pi/4$ em $\tau' = 0$)

$$\phi_1 = \operatorname{arctg}\left[\frac{(1+\sqrt{1-\delta^2})\exp(2\sqrt{1-\delta^2})\tau' + \delta}{\delta\exp(2\sqrt{1-\delta^2})\tau' + (1+\sqrt{1-\delta^2})}\right] \qquad \text{IV-17}$$

Regimes em que $\phi > \phi'_f$ (tomando $\phi = 3\pi/4$ em $\tau' = 0$)

$$\phi_2 = \operatorname{arctg}\left[\frac{(1+\sqrt{1-\delta^2})\exp(2\sqrt{1-\delta^2})\tau' - \delta}{\delta\exp(2\sqrt{1-\delta^2})\tau' - (1+\sqrt{1-\delta^2})}\right]^{(1)} \qquad \text{IV-18}$$

b) — $|\delta| = 1$ — *Caso limite em que ainda existe fase síncrona*

Tomando $\phi = \pi/4$ em $\tau' = 0$ vem:

$$\phi_1 = \pi/4 \quad \text{para} \quad \delta = +1$$

e

$$\phi_1 = \operatorname{arctg}\left[\frac{2\tau' + 1}{-2\tau' + 1}\right] \text{ para } \delta = -1 \qquad \text{IV-19}$$

Tomando $\phi = 3\pi/4$ em $\tau' = 0$ vem:

$$\phi_2 = \operatorname{arctg}\left[\frac{2\tau' + 1}{2\tau' - 1}\right] \text{ para } \delta = +1$$

---

(1) Convencionamos representar por $\sqrt{\ }$ sempre a raiz positiva. Usamos a notação exp ( ) τ' com o significado $e^{(\ )\tau'}$.

e

$$\phi_2 = 3\pi/4 \quad \text{para} \quad \delta = -1 \qquad \text{IV-20}$$

c) — $|\delta| > 1$ — *Não existe fase síncrona*

Neste caso a fase não tende assintòticamente para nenhum valor final, a fase cresce sempre ou decresce sempre consoante δ é negativo no primeiro caso, ou positivo no segundo.

Tomando $\phi = \pi/4$ em $\tau' = 0$ vem:

$$\phi_1 = \operatorname{arctg}\left[\frac{\sqrt{\delta^2-1} - (\delta-1)\operatorname{tg}(\sqrt{\delta^2-1})\,\tau'}{\sqrt{\delta^2-1} + (\delta+1)\operatorname{tg}(\sqrt{\delta^2-1})\,\tau'}\right] \qquad \text{IV-21}$$

Tomando $\phi = 3\pi/4$ em $\tau' = 0$ virá:

$$\phi_2 = \operatorname{arctg}\left[\frac{\sqrt{\delta^2-1} + (\delta+1)\operatorname{tg}(\sqrt{\delta^2-1})\,\tau'}{-\sqrt{\delta^2-1} + (\delta+1)\operatorname{tg}(\sqrt{\delta^2-1})\,\tau'}\right] \qquad \text{IV-22}$$

No caso presente, como não há valor limite da fase, qualquer das expressões escritas percorre todos os valores de ϕ.

d) — *Observações úteis*

1) — Nas expressões escritas observa-se a seguinte propriedade:

$$\operatorname{tg}[\phi_1(\tau')_\delta] = -\operatorname{tg}[\phi_2(\tau')_{-\delta}] \qquad \text{IV-23}$$

As curvas $\phi_1(\tau')_\delta$ e $\phi_2(\tau')_{-\delta}$ dispõem-se portanto simètricamente em relação a $\phi = \pi/2$.

2) — Também se observa esta outra propriedade:

$$\operatorname{tg}[\phi(\tau')] = \frac{1}{\operatorname{tg}[\phi(-\tau')]} \qquad \text{IV-24}$$

Donde se conclui:

$\phi(\tau') + \phi(-\tau') = \pi/2$ para funções tipo ϕ_1
$\phi(\tau') + \phi(-\tau') = 3\pi/2$ para funções tipo ϕ_2

e). *Representação gráfica*

Os gráficos IV-A e IV-B (parte inferior) mostram o andamento de $\phi_1(\tau')$ para alguns valores de δ.

5.3 — *Resolução da equação das amplitudes*

A equação a resolver é a seguinte:

$$\frac{d\varepsilon}{d\tau'} = -\alpha - \cos 2\phi \qquad \text{IV-25}$$

Integrando esta equação a partir do instante $\tau' = 0$ e tomando $\varepsilon = 0$ nesse instante o que equivale a tomar E_0, que foi introduzido na expressão IV-7, para valor inicial da amplitude, obtém-se

$$\varepsilon = -\alpha\tau' - \int_{\tau'=0}^{\tau'} \cos 2\phi\, d\tau' \qquad \text{IV-26}$$

Atendendo à expressão de $d\phi/d\tau'$, dada pela equação das fases IV-17, o resultado da integração pode escrever-se como se segue:

$$\varepsilon = -\alpha\tau' - \frac{1}{2}\log\left[\frac{\left(\frac{d\phi}{d\tau'}\right)}{\left(\frac{d\phi}{d\tau'}\right)_{\tau'=0}}\right]$$

Usando a expressão IV-7 que define ε poderemos escrever directamente para as amplitudes

$$\frac{E_1}{E_0} = \sqrt{\frac{\pm 1 - \delta}{\left(\frac{d\phi}{d\tau'}\right)}} \cdot \exp(-\alpha\tau') \qquad \text{IV-27}$$

Nesta expressão deve-se tomar o sinal + se se quiser ter $\phi_{\tau'=0} = \pi/4$ e o sinal — se se quiser ter $\phi_{\tau'=0} = 3\pi/4$.

A expressão sob o sinal de radical pode já ser calculada com os elementos obtidos anteriormente relativos à fase em IV-5.2, alíneas a), b) e c).

Os resultados são os seguintes:

a). $|\delta| < 1$ — *Existe fase síncrona.*

$$\frac{E_1}{E_0} = \left\{\frac{1}{2(1 \pm \delta)}\left\{\exp\left[-4\left(\sqrt{1-\delta^2}\right)\tau'\right] \pm \pm 2\delta\exp\left[-2\left(\sqrt{1-\delta^2}\right)\tau'\right] + 1\right\}\right\}^{1/2} \cdot \exp\left[\left(-\alpha + \sqrt{1-\delta^2}\right)\tau'.\right] \qquad \text{IV-28}$$

(Os sinais + e — devem ser usados como se indicou em cima).

b). $|\delta| = 1$ — *Caso limite em que ainda existe fase síncrona.*

Tomando $\phi = \pi/4$ em $\tau' = 0$ vem:

$$\frac{E_1}{E_0} = \exp(-\alpha\tau') \quad \text{para } \delta = +1$$

$$\frac{E_1}{E_0} = \sqrt{1 + 4\tau'^2}\exp(-\alpha\tau') \qquad \text{IV-29}$$

para $\delta = -1$

Tomando $\phi = 3\pi/4$ em $\tau' = 0$ vem:

$$\frac{E_1}{E_0} = \sqrt{1 + 4\,\tau'^2}\,\exp\,(-\,\alpha\,\tau') \qquad \text{para } \delta = +\,1 \qquad \text{IV-30}$$

$$\frac{E_1}{E_0} = \exp\,(\alpha\,\tau') \quad \text{para } \delta = -\,1$$

c). $|\delta| > 1$ — *Não existe fase síncrona.*

A expressão das amplitudes é então a seguinte:

$$\frac{E_1}{E_0} = \left[1 \pm \frac{-2}{\delta \pm 1}\,\text{sen}^2\left(\sqrt{\delta^2 - 1}\right)\tau'\right]^{1/2} . \exp\,(-\,\alpha\,\tau') \qquad \text{IV-31}$$

Os sinais devem ser usados como em a).

d). *Observações úteis.*

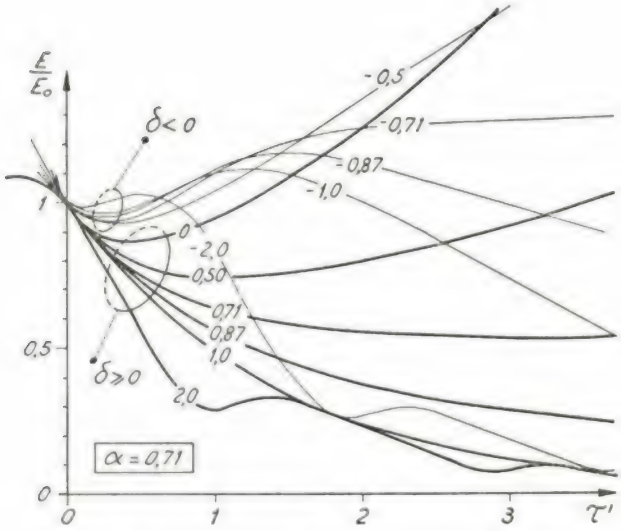
Nas expressões escritas verifica-se duma forma geral a seguinte relação:

$$\left(\frac{E_1}{E_0}\right)_{\alpha,\,\tau'} = \left(\frac{E_1}{E_0}\right)_{-\alpha,\,-\tau'} \qquad \text{IV-32}$$

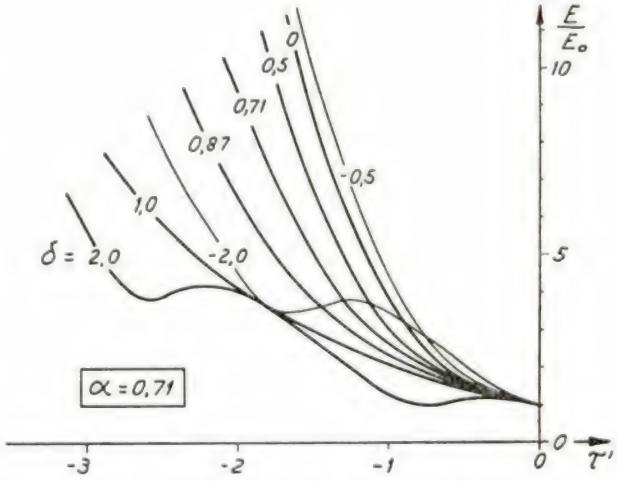
Verifica-se igualmente como para as fases que as expressões relativas a um determinado δ com condições iniciais $\phi_{\tau'=0} = \pi/4$ são idênticas às expressões relativas a $-\delta$ com condições iniciais $\phi_{\tau'=0} = 3\,\pi/4$.

As curvas na parte superior dos gráficos IV-A e IV-B representam o andamento de E/E_0 em função de τ' para $\alpha = 0{,}71$ e para os mesmos valores de δ usados nas curvas de $\phi\,(\tau')$ representadas na parte inferior dos mesmos gráficos.

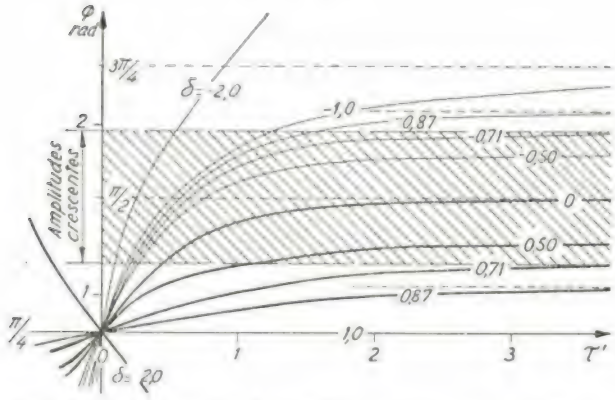
e) — *Representação gráfica*



Evolução da amplitude da sub-harmónica no tempo, para $\tau' > 0$

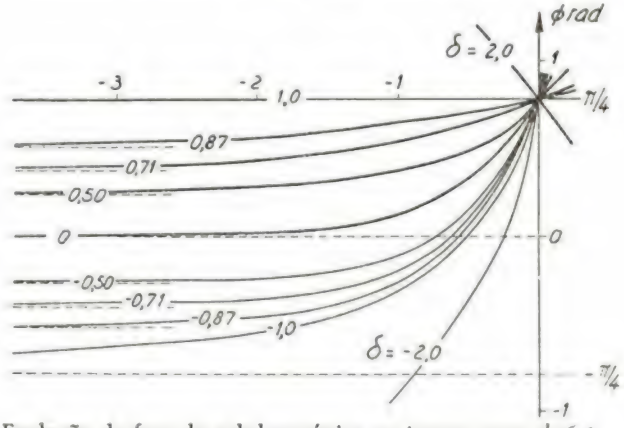


Evolução da amplitude da sub-harmónica no tempo, para $\tau' < 0$



Evolução da fase de sub-harmónica no tempo, para $\tau' > 0$

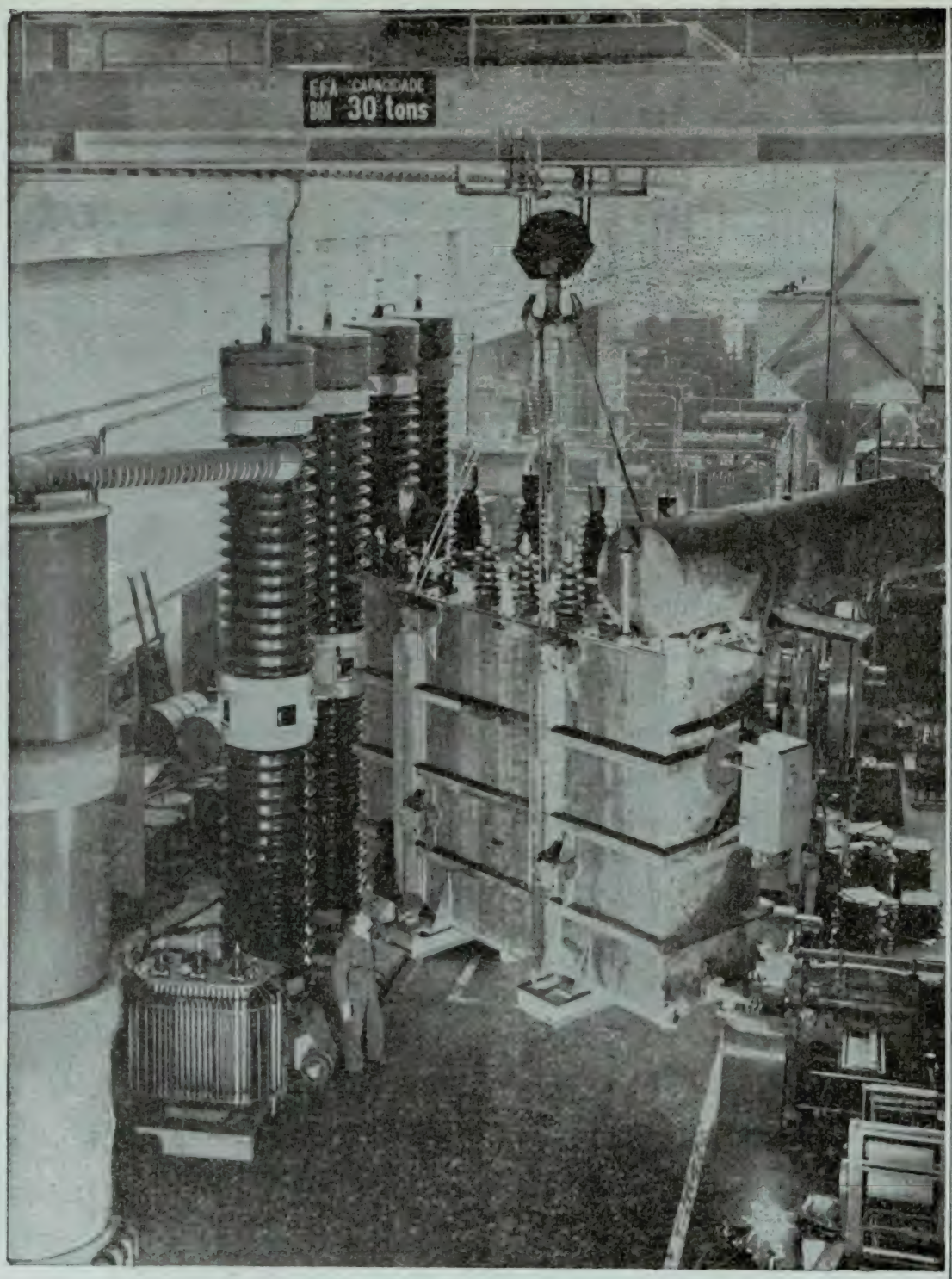
Gráfico IV-A



Evolução da fase da sub-harmónica no tempo, para $\tau' < 0$

Gráfico IV-B

JAYME DA COSTA, L.DA
LG
LANDIS & GYR
APARELHOS PARA
REGULAÇÃO TÉRMICA



EFACEC

Vista do interior de uma das Fábricas "EFACEC"
(Arroteia — S. Mamede de Infesta)

Distinguem-se nesta fotografia :

— Um transformador de 15 000 kVA/60 000 V (marca EFACEC) com regulação em carga, em curso de fabrico.

— Um disjuntor de 220 000 V (marca SOPREL), aguardando ensaio de rigidez.

— Nota-se também um transformador de ensaios de 600 000 V.

EFACEC

A escala de E/E_0 é diferente nos gráficos IV-A e IV-B que se referem respectivamente a valores positivos e negativos de τ'.

CAPÍTULO V

Teoria em valores instantâneos

1 — A equação diferencial dos valores instantâneos

No estudo que fizemos do gerador de subharmónica obtivemos directamente equações para a amplitude e para a fase da oscilação mediante a imposição de determinados limites ao domínio de aplicabilidade da teoria.

Outro caminho, de maior generalidade, que é frequentemente trilhado na investigação de questões deste género consiste em começar por estabelecer a equação diferencial em valores instantâneos duma grandeza que possa definir completamente o comportamento do sistema quando for conhecida.

Feito isto, o problema passa a ser uma questão de natureza matemática cuja resolução consistiria idealmente no estabelecimento das soluções da equação proposta sujeitas a determinadas condições iniciais e na discussão completa dessas soluções.

No caso que estudamos, (circuito da Fig. 1), se tomarmos a tensão e_1 para variável e representando, como anteriormente, as perdas do circuito oscilante por uma resistência R_p em paralelo com a bobine e o condensador, poderemos escrever no domínio das pequenas amplitudes tais que $i_{g1} = 0$ a seguinte equação diferencial de valores instantâneos:

$$\frac{d^2 e_1}{dt^2} + \frac{1}{C}\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{R_p} e_1 - \frac{1}{4} i_e\right) + \frac{1}{LC} e_1 = 0 \qquad \text{V-1}$$

Nesta equação encontramos i_e que é uma função não linear do segundo grau em que intervém e_1 e o sinal sincronizante e_2. (Exp. III-20).

Para equações que envolvem relações não-lineares não dispõe a análise matemática de processos gerais de encontrar as soluções e muito menos de discuti-las. No estudo de problemas deste género recorre-se então a um de vários métodos de aproximação cujo domínio de aplicabilidade é em geral limitado. Indicamos seguidamente sucintamente o caminho a seguir para aplicação dum desses métodos que seria o apropriado para resolver em primeira aproximação a equação V-1.

2 — Método da variação das constantes

Supomos que podemos reduzir a equação proposta à forma

$$\frac{d^2 x}{d t^2} + \omega^2 x = f_2 \qquad \text{V-2}$$

onde ω é uma constante e f_2 uma função de x, dx/dt e t que tem um domínio de variação limitado, cuja amplitude é muito pequena em relação à amplitude do domínio de variação de qualquer das parcelas do primeiro membro. A função f_2 deve ser pois uma perturbação apenas. Exige-se ainda que f_2 seja periódica na sua dependência explícita de t com um período T_2 comensurável com o período T definido por

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \qquad \text{V-3}$$

Começa-se por tomar a solução de V-2 com $f_2 = 0$ que é dada por

$$x = A \cos(\omega t + \phi) \qquad \text{V-4}$$

onde A e ϕ são constantes. Esta é a solução não perturbada, para obter a solução da equação V-2 consideram-se A e ϕ como funções de t obrigando-se a expressão V-4 a satisfazer a equação V-2 e ainda à seguinte condição.

$$\frac{d x}{d t} = -\omega A \operatorname{sen}(\omega t + \phi) \qquad \text{V-5}$$

Resulta deste proceder um sistema de equações diferenciais para A e ϕ que é o seguinte:

$$\begin{cases} \dfrac{d A}{d t} = -\dfrac{1}{\omega} f_2 \operatorname{sen}(\omega t + \phi) \\[2ex] \dfrac{d \phi}{d t} = -\dfrac{1}{A}\dfrac{1}{\omega} f_2 \cos(\omega t + \phi) \end{cases} \qquad \text{V-6}$$

Até aqui o método é de aplicação geral e não exige sequer a pequenez da função f_2. Porém, o

problema de resolver o sistema V-6 é tanto ou mais grave que o problema inicial, pelo que se recorre à sua solução aproximada resolvendo em vez de V-6 o sistema mais simples cuja expressão é a seguinte:

$$\begin{cases} \dfrac{dA}{dt} = -\dfrac{1}{\omega} \cdot \dfrac{1}{T'} \displaystyle\int_{T'} f_2 \operatorname{sen}(\omega t + \phi)\, dt \\ \dfrac{d\phi}{dt} = -\dfrac{1}{A} \cdot \dfrac{1}{\omega} \cdot \dfrac{1}{T'} \displaystyle\int_{T'} f_2 \cos(\omega t + \phi)\, dt \end{cases} \qquad \text{V-7}$$

No cálculo destes integrais A e ϕ devem ser tomados como parâmetros, embora dependam do tempo.

O intervalo T' a que se estendem as integrações deve ser o menor intervalo que contenha simultâneamente um número inteiro de períodos T e de períodos T_2. Para isso exigiu-se inicialmente que eles fossem comensuráveis.

O sistema V-7 não é mais portanto que o resultado de se substituirem os segundos membros do sistema V-6 pelos respectivos valores médios ao longo dum período.

As funções A (t) e ϕ (t) definidas por V-7 substituídas na expressão V-4 darão uma primeira aproximação da solução da equação original, tanto melhor quanto menor for a amplitude de f_2.

Nestas condições A (t) e ϕ (t) terão sempre variação lenta e as soluções que este método permite investigar são sempre de carácter quase periódico (1).

Verifica-se que as equações de evolução do gerador de sub-harmónica que estabelecemos no Cap. IV são precisamente as que se podem obter, aplicando o método descrito acima à equação de valores instantâneos V 1.

Os valores médios que intervêm em V-7 correspondem às potências activa e reactiva e as restrições que é necessário impor à equação V—1 para que possa ser tratada como equação perturbada correspondem às restrições que fizemos para poder estabelecer as equações de evolução (2).

(1) Veja-se a teoria desta aproximação por exemplo em: Jules Haag — «Les mouvements vibratoires», Cunningham — «Introduction to nonlinear analysis».

(2) Foi uma referência a esta correspondência que encontrámos em N. Kryloff e N. Bogoliuboff «Introduction to non-linear mechanics» que inicialmente nos sugeriu a investigação do Cap. II.

Podemos assim encarar a teoria que nos levou às equações de evolução e que se fundamentou em considerações de natureza energética, como a interpretação física da aplicação do método de de análise descrito acima a um problema de oscilações eléctricas.

3 — Outras equações de valores instantâneos que conduzem a oscilações do tipo das estudadas

3.1 — O facto do método aproximado que expusemos se basear na extracção dos valores médios indicados em V-7 faz com que muitos pormenores da equação de valores instantâneos não intervenham na solução aproximada obtida. Diferentes equações de valores instantâneos poderão portanto conduzir às mesmas equações de evolução.

A nossa atenção dirigir-se-á naturalmente para as formas mais simples de equação de valores instantâneos que ainda contêm os termos necessários para originarem um comportamento semelhante ao do caso que estudámos.

3.2 — Viu-se no Cap. III que da expressão de i_e, (III-20), sòmente os termos em e_1 e $e_1 . e_2$ intervinham no resultado.

Usando a mesma notação desse capítulo poderemos, na equação V-1, em vez da expressão completa de i_e, empregar apenas esses termos essenciais sem alterar o resultado.

A expressão da corrente i_e será então sòmente:

$$i_e = (a - 2\, b\, e_2)\, e_1 \qquad \text{V 8}$$

em que $e_2 = E_2 \cos 2\,\omega\, t$ é o sinal sincronizante imposto do exterior. Substituindo em V-1 vem a seguinte equação:

$$\frac{d^2 e_1}{dt^2} + \frac{1}{C}\frac{d}{dt}\left\{\left[\frac{1}{R_p} - \frac{1}{4}(a - 2\, b\, e_2)\right] e_1\right\} + \frac{1}{LC} e_1 = 0 \qquad \text{V-9}$$

Atendendo aos sinais positivos arbitrados no esquema da Fig. 1 para i_e e e_1, o parêntesis da expressão V-8 pode interpretar-se como uma condutância negativa variável no tempo por intermédio de e_2.

A equação V-9 é portanto a equação da tensão aos terminais dum circuito de ressonância

em paralelo com uma pequena condutância variável ligada aos terminais.

É esta a forma básica dos geradores da sub-harmónica f/2 do tipo daquele que foi por nós estudado.

Introduzindo na equação V-9 o tempo adimensional e os números A, B e D tal como foram definidos no Cap. IV, vem:

$$\frac{d^2 e_1}{d\tau^2} + 2\frac{d}{d\tau}\left\{\left[A + 2B\cos[2(D+1)\tau]\right]e_1\right\} + e_1 = 0 \qquad \text{V-10}$$

Levamos agora esta equação à forma V-2 obtendo

$$\frac{d^2 e_1}{d\tau^2} + (D+1)^2 e_1 = f_2 \qquad \text{V-11}$$

onde

$$f_2 = -2\frac{d}{d\tau}\left\{\left[A + 2B\cos[2(D+1)\tau]\right]e_1\right\} + D(D+2)e_1$$

Vemos assim que de facto sendo A, B e D números pequenos em relação à unidade, a função f_2 está nas condições prescritas.

A solução escrever-se-á na forma

$$e_1 = E_1 \cos[(D+1)\tau + \phi]$$

em que $E_1(\tau)$ e $\phi(\tau)$ obedecem às equações IV-8 (com $G = 0$).

3.3 — Outras equações cuja interpretação física é igualmente simples, traduzem também o mesmo comportamento para os sistemas que descrevem, como por exemplo a seguinte:

$$\frac{d^2 q_1}{d\tau^2} + 2\left[A - 2B\cos[2(D+1)\tau]\right]\frac{dq_1}{d\tau} + q_1 = 0 \qquad \text{V-12}$$

Para este caso a função f_2 será:

$$f_2 = -2\left[A - 2B\cos[2(D+1)\tau]\right]\frac{dq_1}{d\tau} + D(D+2)q_1$$

e a solução é escrita sob a forma:

$$q_1 = Q_1 \cos[(D+1)\tau + \phi]$$

em que Q_1 e ϕ serão dados por equações como as de IV-8.

A equação V-12 pode interpretar-se como a de um circuito de ressonância série com uma pequena resistência em série variável no tempo representando a variável q_1 o valor instantâneo da carga numa das armaduras do condensador.

Também a equação

$$\frac{d^2 q_1}{d\tau^2} + 2A\frac{dq_1}{d\tau} + \left[1 - 4B\cos[2(D+1)\tau]\right]q_1 = 0 \qquad \text{V-13}$$

conduz a equações de evolução como as de IV-8 tomando para solução:

$$q_1 = Q_1 \cos[(D+1)\tau + \pi/4 + \phi]$$

sendo neste caso f_2 da forma

$$f_2 = -2A\frac{dq_1}{d\tau} + \left\{4B\cos[2(D+1)\tau] + D(D+2)\right\}q_1$$

Fìsicamente pode interpretar-se a equação V-13 como a de um circuito de ressonância série cuja capacidade vibra ligeiramente duma forma sinusoidal no tempo em torno dum certo valor médio.

3.4 — Os três tipos de equação apresentados V-10, 12 e 13 que na hipótese de serem A, B e D pequenos têm um comportamento análogo para as suas soluções são todas equações lineares de coeficientes variáveis periòdicamente no tempo.

Ao facto de serem lineares deve-se a circunstância que constatamos de não serem as amplitudes de oscilação determinadas pelo sistema.

A interpretação física das três equações tem em comum ainda o seguinte:

1) — Trata-se de sistemas oscilantes com um pequeno parâmetro que varia sinusoidalmente no tempo com uma frequência aproximadamente dupla da frequência própria do circuito oscilante.

2) — Na ausência de variação do parâmetro, o circuito oscilante tem amortecimento próximo de zero. Ou o amortecimento é ligeiramente positivo e o sistema permanece em repouso até que o parâmetro varie com amplitude suficiente, ou o amortecimento é ligeiramente negativo e o circuito é auto-excitado existindo nele uma osci-

lação de frequência ω_0, mesmo sem variação do parâmetro e que é sincronizada quando o parâmetro varia com amplitude e frequência apropriadas.

3.5 — Comparação destes casos do ponto de vista energético:

O parâmetro variável da equação V-10 é uma conductância e o da equação V-12 uma resistência, do ponto de vista energético o problema é o mesmo.

Em face de sistemas regidos por estas equações põe-se a questão de saber donde provém a energia quando neles se estabelece uma oscilação crescente, uma vez que explìcitamente não figura nenhuma fonte de energia na equação do sistema.

O agente que faz variar a resistência não tem qualquer papel energético, pois a variação duma resistência não implica variação da energia electromagnética do sistema. Se notarmos porém que só são possíveis oscilações crescentes (sendo A positivo) para $B > A$ verificamos que o parâmetro se torna negativo pelo menos durante parte do período.

Uma condutância ou uma resistência negativa é na realidade uma forma analítica de representar certo tipo de geradores eléctricos. A presença necessária duma fonte de energia para assegurar o crescimento das oscilações está portanto representada pelo facto do coeficiente do termo da primeira derivada ter, para isso, de se tornar negativo parte do tempo.

Do ponto de vista físico a resistência ou condutância negativa é completamente distinta da resistência ou condutância vulgar. Os elementos de circuito que manifestam aquela propriedade são determinados tipos de conversores de energia associados à sua fonte primária como por exemplo os tubos electrónicos com a bateria anódica do caso que analisámos.

Vejamos agora o caso do parâmetro variável ser a capacidade. A situação é inteiramente diferente; a variação da capacidade implica variação da energia electromagnética do circuito. Surgem forças de origem eléctrica que obrigam o agente que faz variar a capacidade a trocar energia com o circuito. Em determinadas circunstâncias é possível ao circuito receber mais do que aquela que tem a ceder. Bàsicamente essas circunstâncias são as seguintes:

A capacidade é diminuída quando a carga nas armaduras é máxima, obrigando o agente que varia a capacidade a realizar trabalho sobre o campo eléctrico do condensador. A capacidade volta a ser aumentada quando a carga é pequena, nessa altura é o circuito que cede energia, mas as forças em jogo são muito mais pequenas e essa energia é inferior à que recebeu na primeira operação.

Em qualquer dos casos apresentados, as trocas de energia que se tornam possíveis pela variação do parâmetro, só podem ocorrer sistemàticamente num dado sentido se as grandezas eléctricas variarem em sincronismo com o parâmetro periódico que é variado por meios externos. Nos casos estudados as grandezas eléctricas têm exactamente metade da frequência de variação do parâmetro.

CAPÍTULO VI

Estudo experimental do gerador de sub-harmónica

I — Funcionamento em regime estacionário

Entendemos por regime estacionário, um regime em que o sistema oscila na frequência da sub-harmónica f/2 do sinal sincronizante com amplitude e fase constantes no tempo.

O gerador de sub-harmónica atinge sempre um regime estacionário ao fim de algum tempo, desde que a frequência da sub-harmonica caia dentro da faixa de funcionamento.

O comportamento em regime estacionário de um determinado gerador de sub-harmónica pode ser descrito por famílias de curvas que indiquem os valores da amplitude E_1 e da fase ϕ_f da oscilação sub-harmónica em função da frequência, para diferentes valores da amplitude E_2 do sinal sincronizante. Designaremos tais famílias de curvas por características de sincronização de amplitude e de fase.

1.1 — *Condições em que se realizaram os ensaios*

Nos ensaios utilizámos o esquema de ligações da Fig. 10 com os seguintes valores para as tensões contínuas:

$$E_a = 150\,V, \quad E_{g_I} = -2\,V \quad e \quad E_{g_{II}} = -2{,}3\,V$$

Os parâmetros do circuito foram fixados do seguinte modo:

$R_a = 10.000\ \Omega$

$C = 0{,}15\ \mu F$

$L = 40\ mH$

$C_0 = 0{,}009\ \mu F$ (capacidade própria da bobine)

Os ensaios realizaram-se com frequências acústicas tendo sido a sub-harmónica localizada na proximidade dos 2 KHz (1).

Para obter informações sobre este parâmetro determinou-se experimentalmente a curva de ressonância do circuito oscilante tal como ele se encontra na montagem do gerador de sub harmónica.

O circuito é para isso forçado a oscilar pela tensão imposta intercalada em série e_f (Fig. 10). A amplitude da oscilação e_1 que resulta foi medida mantendo-se a amplitude de e_f constante e variando-se a sua frequência.

Esta medida faz-se como é evidente sem aplicar sinal sincronizante ao gerador de sub-harmónica.

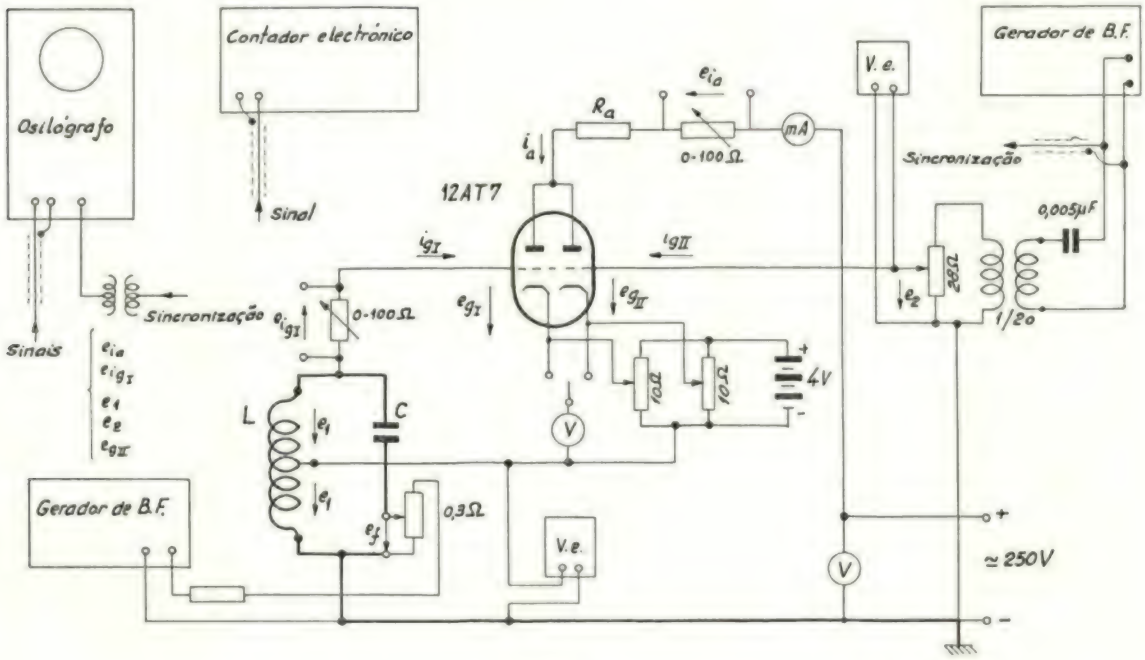


Fig. 10

Esquema da montagem utilizada para o estudo experimental do gerador de sub-harmónica

1.2 — *Estabelecimento das características de sincronização teóricas*

O método para obter a fase e amplitude final da sub-harmónica foi já descrito em *IV-4* (Fig. 9). Precisamos ùnicamente estabelecer os valores dos números A, B, C e $G(E_1)$.

a) — *Amortecimento*

O parâmetro A, (exp. IV-2) depende do amortecimento do circuito oscilante e do efeito que sobre ele possam ter os tubos electrónicos.

Afim de tornar o valor de A bem definido em todos os ensaios procurou-se sempre ajustar o ponto de funcionamento do tubo II de modo a que neste regime de oscilação forçada e para a frequência de amplitude máxima, essa amplitude fosse a mesma quer os tubos tivessem tensão anódica aplicada, quer a não tivessem. Pretendia-se deste modo que A fosse dado sòmente pelo amortecimento natural do circuito oscilante sem influência dos tubos. Tiraram-se então curvas de ressonância com e sem tensão anódica para verificar o efeito do ajuste e que constam do gráfico VI-A. Verifica-se que se realizou muito

(1) Veja-se no Apêndice III o resultado do estudo da bobina empregada e a determinação da frequência de trabalho mais favorável.

aproximadamente o que se pretendia mas não exactamente. Com efeito os tubos oferecem o aspecto duma pequena capacidade em paralelo com o circuito oscilante que lhe baixa a frequência de ressonância. Este efeito dever-se-á a um resíduo de corrente em quadratura que não pode ser equilibrado por ajuste dos pontos de funcionamento. A curva a tracejado no gráfico VI-A representa as condições em que realmente trabalhámos. Podemos agora determinar A relacionando-o com o factor Q_o que pode ser dado pela largura da curva de ressonância.

Assim temos:

$$A = \frac{1}{2\,Q_o} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{\Delta_f}{f_o} \qquad \text{VI-3}$$

Dos gráficos VI-A obtém-se:

$$\Delta_f = 102 \text{ Hz} \qquad f_o = 1.984 \text{ Hz}$$

Donde se tira:

$$A = 0{,}015 \qquad Q_o = 34$$

O valor de Q_o encontrado é com efeito da ordem do valor do factor de qualidade da bobina determinado para esta frequência.

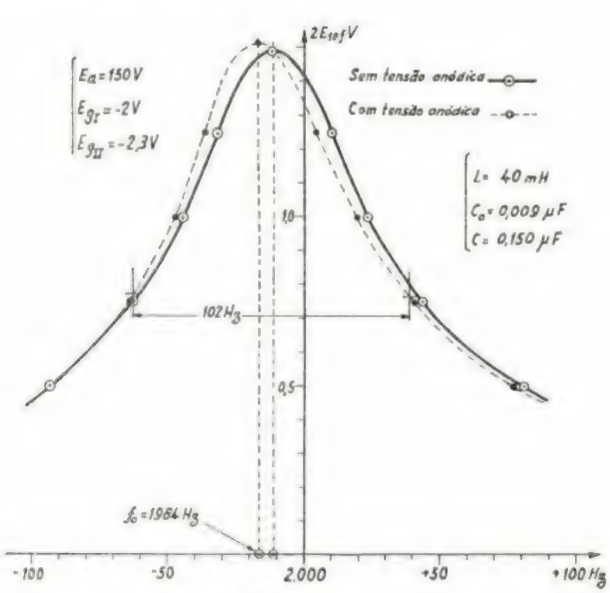


Gráfico VI-A

Curvas de ressonância experimentais do circuito oscilante

b) — *O parâmetro B*

Este parâmetro traduz a influência do sinal sincronizante sobre o sistema que se opera através da não linearidade das características corrente tensão dos tubos. Pode ser medido igualmente sobre a própria montagem medindo-se outro efeito não linear que a ele anda igualmente associado e que é a rectificação.

Obrigando como anteriormente o circuito oscilante a ser sede de uma oscilação forçada obtemos duas tensões alternadas sinusoidais simétricas aplicadas às grelhas dos tubos. Podemos medir a amplitude dessas tensões e medir a corrente rectificada pelo aumento da leitura do miliamperímetro do circuito anódico (Fig. 10).

Então, usando o desenvolvimento III-20 (Cap. III) onde neste caso devemos fazer

$$e_+ = 0 \qquad e_- = e_1 \qquad \text{VI-4}$$

temos para origem da corrente rectificada a parcela

$$\frac{T_+}{1 + 2\,S_+\,D\,R}\,e_1^2$$

desprezando a penúltima parcela do desenvolvimento III-20, em que intervém $(D\,e_1)^2$.

Sendo E_1 a amplitude da tensão e_1 a corrente I_R é dada por

$$I_R = \frac{1}{2}\,\frac{T_+}{1 + 2\,S_+\,D\,R}\,E_1^2 = b\,E_1^2 \qquad \text{VI-5}$$

tendo-se usado a notação da expressão III-29. A representação gráfica de I_R em função de E_1^2 (Gráfico VI-B) permite fixar o valor de b. Conhecido b, pode determinar-se B para qualquer E_2 dado. Com Efeito é (exp. IV-3)

$$B = \frac{R_o}{8}\,b\,E_2$$

onde

$$R_o = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Do gráfico VI-B obtém-se

$$b = 0{,}5 \text{ m A V}^{-2} \text{ (1)}$$

Das condições de funcionamento dadas em VI-2 pode calcular-se $R_o = 515$ ohm.

(1) O valor de b poderia igualmente ser fixado empregando os valores medidos de S e T que obtivemos no Apêndice I. Obtém-se um número da mesma ordem de grandeza que é, porém, mais incerto.

Então B será dado pela expressão numérica

$$B = 0{,}32\ E_2 \qquad \text{VI 6}$$

onde E_2 é expresso em Volt.

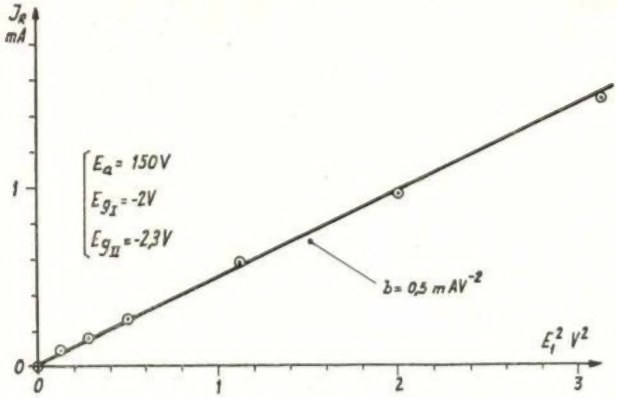


Gráfico VI-B

Gráfico para a determinação experimental de b através do efeito de rectificação

c) — *A limitação da amplitude pela corrente de grelha*

A curva G (E_1) que necessitamos para fixar a amplitude final da oscilação obtém-se usando as expressões IV-5 e III-33 que definem esta quantidade. Essas expressões conjugadas dão:

$$G = \frac{R_0}{8}\ g = \frac{R_0}{8}\left(1 + \frac{1}{1 + 2\ S_+\ DR}\right) S_{g1} \qquad \text{VI-7}$$

Os elementos referentes aos parâmetros S e D dos tubos podem obter-se dos resultados do Apêndice I (gráfico n.º 1). Os valores de S_{g1} foram determinados experimentalmente para o mesmo tubo e para o mesmo ponto de funcionamento no Apêndice II (veja-se o gráfico n.º 9).

Numèricamente G pode obter-se pela expressão

$$G = 0{,}091\ S_{g1} \qquad \text{VI-8}$$

onde S_{g1} é expresso em mAV^{-1}.

Com estes dados e com o auxílio da construção geométrica que foi esquematizada na Fig. 9 podemos construir por pontos as características de sincronização teóricas representadas nos gráficos VI-C (a) e (b).

Os números A, B, D e G (E_1) são números pequenos em relação à unidade, da ordem de grandeza de 1/100, como tem de ser para que a teoria feita tenha aplicação. Por comodidade registaram-se esses números nos gráficos em percentagens.

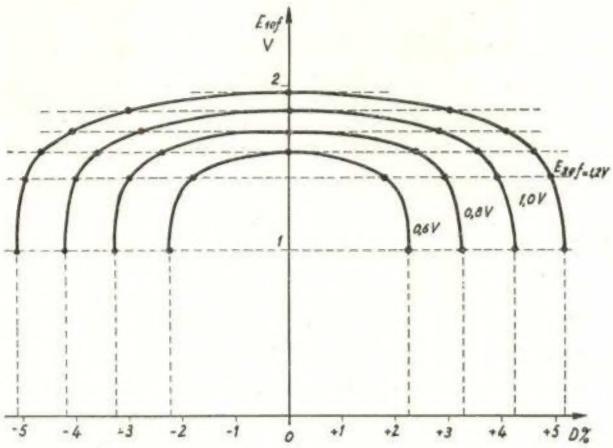


Gráfico VI-C (*a*)

Características de sincronização teóricas, relativas à amplitude

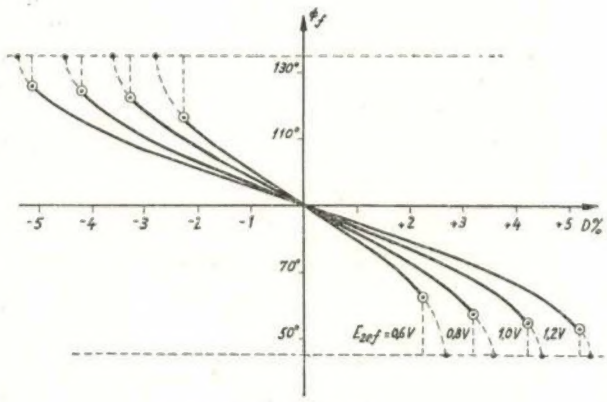


Gráfico VI-C (*b*)

Características de sincronização teóricas relativas à fase

1.3 — *Características de sincronização experimentais relativas à amplitude*

Para os mesmos valores da amplitude que usámos no cálculo teórico, variou-se a frequência do sinal sincronizante na vizinhança de $2f_0$ medindo-se para cada frequência a amplitude da sub-harmónica. Os resultados vão expressos no gráfico VI-D. As curvas foram percorridas quer no sentido das frequências crescentes quer no sentido das frequências decrescentes. A notação —⊙— corresponde a pontos que se podem obter quer num sentido quer noutro e a notação —▽— corresponde a pontos que só foi possível obter com frequências decrescentes.

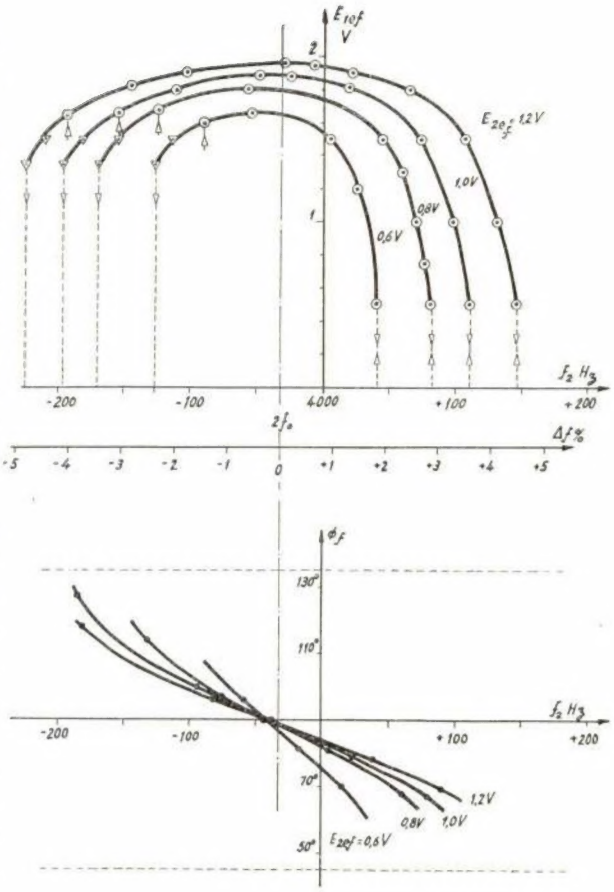
Comparando com as curvas teóricas encon-

tra-se acordo razoável quanto à largura da faixa de funcionamento e ao valor da amplitude da oscilação.

A discrepância fundamental que se nota consiste numa assimetria geral das curvas experimentais em relação à frequência central. Essa assimetria manifesta-se até na forma como as oscilações aparecem e se extinguem nos extremos da faixa de funcionamento. Na extremidade de frequência mais alta o arranque e extinção da oscilação dão-se suavemente e para os mesmos valores da frequência. Na extremidade de frequência mais baixa o arranque e extinção dão-se bruscamente e em frequências diferentes.

Na teoria, o arranque e a extinção deveriam ocorrer, em primeiro lugar para a mesma frequência, em segundo lugar duma forma abrupta tanto à esquerda como à direita, pois a estabilização da amplitude só opera teòricamente a partir da amplitude em que se comece a verificar a existência de corrente de grelha apreciável.

As hipóteses que fizemos quanto à proporcionalidade entre a amplitude do componente fundamental da corrente i_e e a amplitude da sub-harmónica e quanto ao modo de actuar da corrente de grelha, destinaram-se a salientar os efeitos básicos, mas não são evidentemente a expressão exacta da realidade. Assim, o compor-



Características de sincronização experimentais

Gráficos VI-D e VI-E

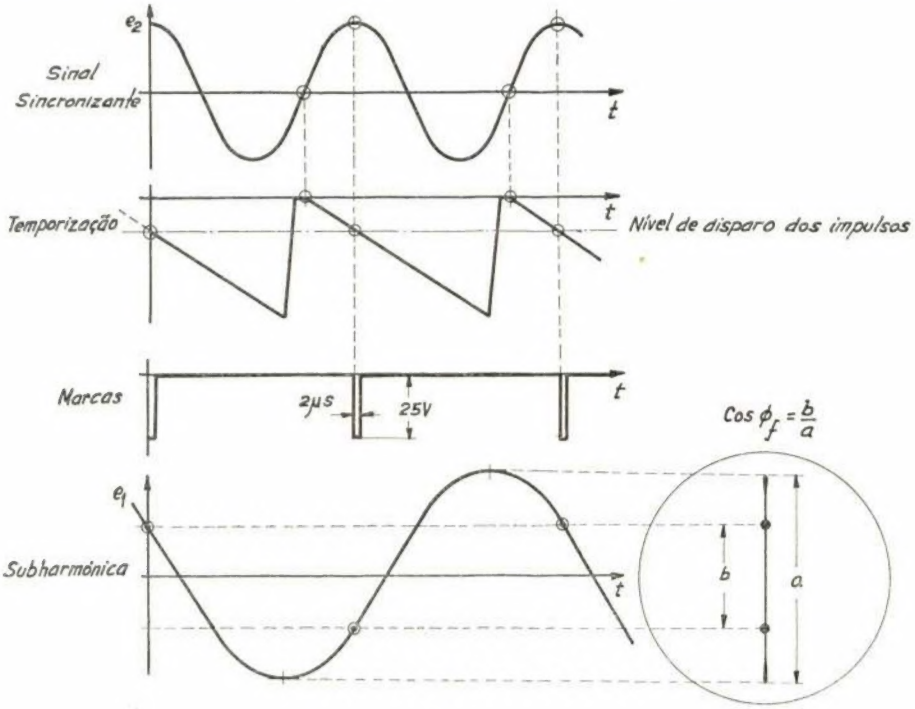


Fig. 11

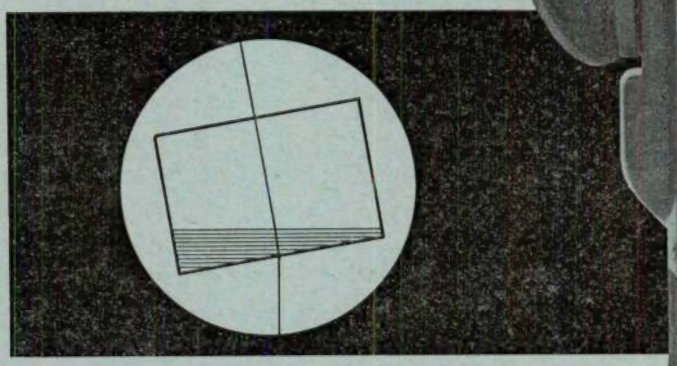
Método para a determinação experimental de ϕ_f

O NOVO TEODOLITO

Wild T 1-A

com calagem
zenital automática

O teodolito com os aperfeiçoamentos mais modernos, permitindo medições mais fáceis, rápidas e mais exactas



Automatismo duma concepção surpreendentemente simples: Prisma com líquido sem partes mecânicas, sem desgaste, sem desarranjos sem reparações.

Detalhes no prospecto Th 154

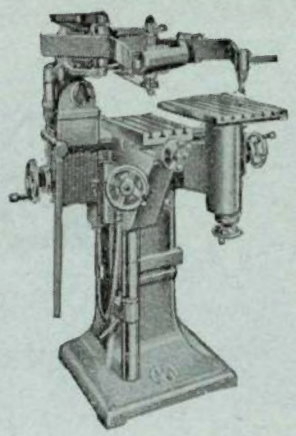
WILD
HEERBRUGG

Solicitem catálogo ou demonstração ao representante exclusivo:

WILD PORTUGAL, L.DA

LISBOA — PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8, S/L 6 — Tel. 68 1127

Pantógrafos «Alexander» tri-dimensionais

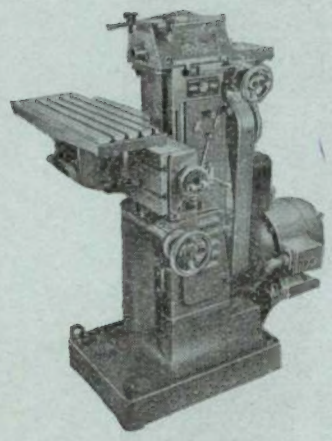


Máquinas de copiar, por meio de pantógrafo, tri-dimensionais, usadas em quase todos os ramos da indústria de engenharia, para a produção de formas de formato irregular, moldes e cunhos.

O pantógrafo, regulado òpticamente, assegura o máximo de perfeição e detalhe na reprodução.

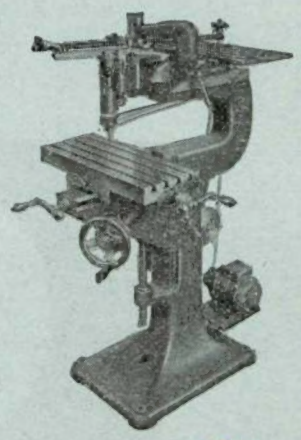
A árvore, regulada dinâmicamente, reduz ao mínimo e, muitas vezes, elimina a necessidade de se terminar, manualmente, qualquer trabalho.

Fresadoras «Alexander» para a preparação de ferramentas



São máquinas destinadas à fresagem de todas as ferramentas — as máquinas ideais para longos periodos de produção. Equipadas com uma série de dispositivos de alta concepção, permitem efectuar, pràticamente, todas as operações necessárias para fabricação de ferramentas, calibradores, peças acessórias, instrumentos para medidas de precisão, moldes, buris e ferramentas para cunhagem.

Gravadoras «Alexander»



A gravura mostra uma das séries de máquinas gravadoras «Alexander» bi-dimensionais. O modo de trabalhar com estas máquinas é tão simples, que ate um operador inexperiente poderá conseguir com elas trabalho de alta qualidade, a grande velocidade.

Trabalhando a partir de moldes ampliados ou da mesa de copiar, poderão gravar-se letras e desenhos sobre muitos materiais.

Poderá também ser efectuada a perfilação de pequenas peças e a fabricação de cunhos, fresas e buris.

Utilizando guias de perfilação e dispositivos giratórios para gravar, poderá fazer-se também a gravação de letras e desenhos em superfícies côncavas e convexas.

Distribuidores para Portugal

CRUZ & CRUZ, L.DA

Rua da Conceição, 21
PORTO — PORTUGAL

CIMA

COMPANHIA INDUSTRIAL DE MADEIRAS AFRICANAS, S.A.R.L.

contraplacados decorativos
contraplacados especiais
placas de revestimento
placas lameladas
folheados de fantasia
madeiras exóticas secas

FÁBRICA EM ALHANDRA (SAPAL) TEL. 05 02 02 • 05 02 03 • 05 02 66
SEDE EM LISBOA — R. DAS JANELAS VERDES, 3 — TEL. 66 01 76 (PABX) — TELEG. CIMAFRICA
DELEGAÇÃO EM AFRICA — CAIXA POSTAL 135 — CABINDA

SEMPRE CRIANDO DA MADEIRA MELHOR BELEZA